

**Guilhermina Lobato Miranda**

**CONCEPÇÃO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM  
LOGO EM MEIO ESCOLAR**

**EFEITOS NA COGNIÇÃO E NOS CONHECIMENTOS GEOMÉTRICOS  
DE CRIANÇAS DE 9-10 ANOS**

**Vol. I**

**Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação  
Universidade de Lisboa  
Lisboa, Abril de 1998**

**DESENHO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM LOGO  
EM MEIO ESCOLAR**

**Efeitos na cognição e nos conhecimentos geométricos  
de crianças de 9 – 10 anos**

**por  
Guilhermina Lobato Miranda**

Faculdade de Psicologia  
Instituto de Educação  
Universidade de Lisboa  
**BIBLIOTECA**

— Licenciada em Psicologia pela Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto em Outubro de 1980.

— Mestre em Ciências da Educação, área de Psicologia Educacional, pela Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa em Abril de 1989.

**Prova para obtenção do grau de Doutor em Ciências da Educação.  
Submetida à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação  
da Universidade de Lisboa em Março de 1998.**

Orientada por: **Professeur Docteur Patrick Mendelsohn**

Faculté de Psychologie et des Sciences d'Éducation  
Université de Genève

e

**Professora Doutora M.ª Teresa Estrela**

Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação  
Universidade de Lisboa

**Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da  
Universidade de Lisboa**

Lisboa, Abril de 1998

**Para o Carlos César e Francisco,**

# ÍNDICE DE CONTEÚDOS

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Introdução	1
<b>Primeira Parte: o Computador, a Ciência Cognitiva e a Educação</b>	
<b>Capítulo 1: O Computador e a Ciência Cognitiva</b>	<b>21</b>
Introdução	23
O Nascimento da Ciência Cognitiva	27
O Desenvolvimento da Ciência Cognitiva	31
A Gestação da Ciência Cognitiva	33
Os Paradigmas da Mente	35
O Paradigma Cognitivista	37
O Paradigma Conexionista	41
O Paradigma Enactivo	44
Reflexões Finais	48
<b>Capítulo 2: Os Computadores e o Ensino</b>	<b>55</b>
Origens do Computador no Ensino	57
Aplicações Actuais dos Computadores no Ensino	66
As Principais Perspectivas de Utilização	66
Taxinomia Bipolar	67
Taxinomia de Mendelsohn	70
Taxinomia de Ferguson	77
Possibilidades e Limitações dos Programas	85
Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS)	86
Os CD – ROM's	100
A Internet	105
O Hipertexto	108



## **Segunda Parte: O Logo, a Programação Informática e os Ambientes de Aprendizagem**

<b>Capítulo 3: O LOGO</b>	<b>121</b>
O LOGO e os Paradigmas de Programação	123
O LOGO: Características e Princípios	126
A Geometria da Tartaruga	129
Os Outros Paradigmas Suscitados pelo LOGO	148
Os Membros da Família LOGO	150
Razões de Uma Escolha	151
A Investigação sobre o LOGO: Questões e Resultados	154
As Investigações sobre as Interações Sociais	156
Diferenças de utilização Segundo o Sexo	157
Investigações sobre o Transfer	159
O LOGO e os Ambientes de Aprendizagem Estimulantes	172

## **Terceira Parte: Problemática e Metodologia de Investigação**

<b>Capítulo 4: Problemática e Metodologia de Investigação</b>	<b>187</b>
Quadro de referência metodológico: o <i>desenho de experimentos educativos</i>	190
Concepção de um ambiente de aprendizagem da programação Logo no 4º ano da escolaridade	
Contexto	193
Problemática	199
Plano experimental	202
População estudada	204
Hipóteses	209
Avaliação do plano experimental	213
Provas de transferência	214
Prova de conhecimentos geométricos	220
Provas de conhecimento Logo	221
Resultados do 'ensaio' das provas de transferência	225
<b>Capítulo 5: Ambiente de Aprendizagem na Classe Experimental</b>	<b>237</b>
Ensino das primitivas e dos conceitos básicos do Logo	241

Ensino de duas estratégias de programação	252
<b>Capítulo 6: Ambientes de Aprendizagem nas Duas Classes de Controlo</b>	<b>264</b>
Classe de Controlo 1	266
Classe de Controlo 2	274
 <b>Quarta Parte: Análise dos Resultados</b>	
<b>Capítulo 7: Resultados das Provas de Transferência</b>	<b>285</b>
Passadas colectivamente	287
Resultados do pré-teste	292
Resultados do pós-teste	295
Resultados da análise de regressão	300
Síntese final	303
Prova de planeamento	309
Resultados da análise quantitativa	314
Resultados da análise qualitativa	322
Síntese final	331
 <b>Capítulo 8: Resultados da Prova de Geometria</b>	<b>333</b>
Análise dos resultados das questões fechadas	336
Análise dos resultados das questões abertas	345
Síntese final	348
 <b>Capítulo 9: Resultados da Prova Logo</b>	<b>350</b>
Primeira versão	352
Análise dos trabalhos das crianças	354
Classe Experimental	355
Classe de Controlo 1	359
Classe de Controlo 2	360
Síntese final	362
 <b>Conclusões</b>	<b>367</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>387</b>

## Agradecimentos

O trabalho que se descreve neste texto é fruto do empenhamento e disponibilidade de muitas pessoas e instituições. Embora nenhuma possa ser responsabilizada pelo produto final, sem elas este projecto nunca chegaria a bom termo.

As primeiras pessoas a quem dirijo os meus agradecimentos são, naturalmente, aos orientadores desta tese. À Professora Teresa Estrela, por ter aceite orientar um trabalho que é um pouco marginal aos seus interesses. Ao Professor Patrick Mendelsohn, que aceitou orientar uma investigação feita por uma pessoa que desconhecia. As muitas conversas presenciais, mails, telefonemas e faxes que trocamos ao longo destes três últimos anos, a paciência com que ouvia ou lia e prontamente respondia às minhas inquietações, muito me ajudaram a dar sentido ao trabalho que realizei. Nem sempre foi fácil, em termos emotivos e não intelectuais, aceitar o modo directo como criticava as minhas propostas, corrigia as provas e esboços de textos que lhe enviava. Por vezes pensei que não iria conseguir fazê-lo, sobretudo porque o meu ritmo de trabalho não correspondia às suas expectativas.

Outras pessoas a quem agradeço são o Paulo Dimas, engenheiro informático, porque com a sua equipa, constituída maioritariamente de psicólogos, onde destaco o Osvaldo, a Sofia e o Paulo Xavier, foi possível instalar uma rede de computadores e fazer a formação das professoras da escola onde se desenvolveu a experiência. Não só garantiu estes aspectos mas ainda a manutenção dos computadores, a introdução e tradução do software (programas informáticos) e o acompanhamento técnico da experiência. A ele e à sua equipa, devo a aprendizagem e contacto com novos programas informáticos, nomeadamente o Hypercard. Foi ainda com ele que, pela primeira vez – ainda quase ninguém em Portugal falava da Internet, estávamos no início do ano de 1995 – entrei em contacto com a Net e os grupos de discussão 'on-line'. Agradeço também à Ana Rosa, professora do 1º ciclo, porque aceitou o desafio de colaborar na minha investigação. A sua disponibilidade mental, o seu saber pedagógico e os seus conhecimentos de matemática em muito contribuíram para o desenvolvimento do trabalho empírico.

Uma palavra de apreço e de simpatia é ainda dirigida a todas as professoras do 1º ciclo e educadoras da escola onde se realizou a experiência. Sempre me receberam bem e se disponibilizaram para participar quando lhes era pedido. Não podendo citar todas, destaco as duas com quem, a par da Ana Rosa, mantive mais contactos ao longo do ano e meio que passei na escola, a Carla A. e a Maria G.

Às crianças com quem trabalhei não sei que palavras lhes dirigir. Guardo-as a todas na memória. Com elas passei momentos maravilhosos, (re)descobri que a pura curiosidade é fonte do conhecimento, vivi momentos de alegria e também de tristeza ... com elas aprendi.

Agradeço ainda ao Professor Andrew Hill, que realizou o tratamento estatístico dos dados. A sua disponibilidade e simpatia, ao receber-me na sua própria casa, a sua paciência e sabedoria ao escutar-me e a dar 'forma matemática' aos dados que lhe apresentei, em muito me apoiaram. Com ele aprendi, tardiamente embora, a perceber um pouco de estatística e a

encontrar a utilidade e mesmo beleza nos métodos quantitativos. O Andrew não se limitou a tratar dados, pensou sobre eles, comunicou-me as suas dúvidas e os percursos que ia adoptando, 'obrigou-me' a transformar dados, que pensava só serem operáveis com recurso a métodos qualitativos em variáveis, passíveis de um tratamento quantitativo. À Professora Manuela Hill, dirijo também uma palavra de simpatia, por lhe ter tantas vezes 'invadido' a privacidade.

Cabe agora agradecer às instituições que apoiaram a realização desta tese.

Primeiramente, aos Conselhos Directivo e Científico da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, sobretudo nas pessoas do Professor Ferreira Marques, do Professor Albano Estrela e da Professora Adelina Lopes da Silva, por terem criado as condições para terminar o meu trabalho.

Agradeço ainda ao Instituto de Inovação Educacional por me ter apoiado financeiramente numa das viagens que fiz a Genebra para trabalhar com Patrick Mendelsohn, um dos meus orientadores.

Claro que não podia deixar de agradecer à direcção da escola onde se desenvolveu o trabalho empírico, nas pessoas do Dr. Frederico e Dr.ª Marinela, por terem aceite a proposta e criado as condições para que o trabalho de investigação se realizasse. Agradeço ainda à Dr.ª Isabel, psicóloga da instituição, que garantiu as condições quotidianas para a sua consecução.

Resta dirigir algumas palavras aos que me são mais próximos.

Aos meus pais, Aguinaldo e Augusta porque, desde que me lembro, sempre acreditaram e em mim depositaram grandes expectativas. Apoiaram ainda economicamente as minhas viagens. Sem a sua ajuda não me teria sido possível visitar o MIT e conhecer investigadores e trabalhos de cuja existência só vagamente suspeitava. Também não poderia ter dado continuidade às minhas deslocações a Genebra.

Ao meu filho Carlos César e ao Francisco Vale porque souberam pacientemente esperar que eu terminasse este trabalho. O Carlos ficou muitas vezes privado da minha companhia. Nalgumas, penso que quando já não aguentava mais a minha falta, 'roubava' a bolinha do rato do computador, o que me obrigava a prestar-lhe atenção. O Francisco viu também o seu quotidiano alterado. Mas o seu apoio não foi só um mero exercício de paciência. A prática editorial, e a sua sensibilidade literária foram preciosas achegas ao texto final. Sem elas, a qualidade final não seria a mesma.

**DESENHO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM LOGO  
EM MEIO ESCOLAR**

**Efeitos na cognição e nos conhecimentos geométricos  
de crianças de 9 – 10 anos**

**por  
Guilhermina Lobato Miranda**

Tese submetida à Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação  
da Universidade de Lisboa  
para a obtenção do grau de Doutorem Ciências da Educação  
Abril de 1998

**RESUMO**

Nesta tese descrevemos um experimento de duração prolongada, um ano escolar, denominado Desenho de Um Ambiente de Aprendizagem Logo, e avaliamos os seus efeitos nas competências cognitivas e nos conhecimentos geométricos de 77 crianças de 9 – 10 anos, integradas em três grupos-classes do 4º ano da escolaridade.

O corpo central desta tese é a descrição e análise do trabalho empírico que desenvolvemos ao longo desse ano escolar com as professoras e crianças das três classes referidas e em que utilizamos o computador como principal meio para desenvolver ambientes de aprendizagem. Por isso, sentimos a necessidade de redigir uma primeira parte teórica.

No *primeiro capítulo* analisamos a importância do computador na constituição da agenda dos actuais cientistas da cognição e descrevemos as bases da sua arquitectura e funcionamento: a lógica binária de Alan Turing e o computador digital de Von Neumann. No *segundo capítulo* referimos as primeiras aplicações do computador ao ensino e descrevemos as que são mais importantes na actualidade.

Na segunda parte deste trabalho, no *terceiro capítulo*, introduzimos o LOGO, descrevemos os seus princípios e as questões e resultados da investigação sobre esta linguagem de programação informática. Ainda neste capítulo, analisamos a concepção de aprendizagem utilizada, isto é, a aprendizagem feita por meio do ensino explícito de determinados saberes e saberes-fazer ou, como a designam os psicólogos da educação, a aprendizagem pela instrução. É neste contexto que analisamos a noção

de transferência, pois os conhecimentos aprendidos na escola ou numa situação específica de aprendizagem, como o é a da programação informática, devem ser úteis e utilizáveis noutras situações mais ou menos próximas da situação inicial. A hipótese central do trabalho empírico visou precisamente determinar até que ponto as noções aprendidas no contexto da programação em Logo eram transferíveis para situações/problemas similares e analisar os factores responsáveis pela ocorrência da transferência.

A terceira parte é dedicada ao trabalho empírico. No *quarto capítulo* definimos a problemática em estudo, as hipóteses, os domínios avaliados, as tarefas e provas construídas, a população estudada e o contexto escolar onde se desenvolveu a experiência. Como um dos objectivos centrais desta tese é o desenho e implementação de um ambiente de aprendizagem da programação que apoie os alunos a desenvolver competências cognitivas e metacognitivas e conhecimentos geométricos, no *quinto capítulo* investigamos novas condições para a aprendizagem dessas competências; descrevemos com algum pormenor o dia-a-dia deste ambiente de aprendizagem, onde as 28 crianças da Classe Experimental aprenderam noções geométricas e programação em Logo, num ambiente semi-estruturado e construtivista, seguindo um conjunto de exercícios (previamente pensados mas continuamente redefinidos com a professora e tendo em conta a análise dos progressos e dificuldades das crianças) e elaborando projectos pessoais (recorrendo à planificação – desenho e geometrização - que eram programados no computador e corrigidos). No *sexto capítulo* descrevemos o ambiente de aprendizagem das duas Classes de Controlo que aprenderam a geometria e a programação em Logo de um modo menos sistemático e colaborativo.

Na quarta parte, *capítulos sétimo, oitavo e nono*, analisamos os resultados e verificamos como as crianças da Classe Experimental aprenderam a melhor transferir algumas das competências cognitivas e metacognitivas (teoricamente elicitadas pela programação em Logo mas objecto de ensino explícito na Classe Experimental) e como melhoraram na aprendizagem da geometria e do próprio Logo, quando comparadas com as crianças das Classes de Controlo.

Por último, referimos as *conclusões* e levantamos algumas questões que poderão ser respondidas por futuras investigações. Por exemplo, que outros tópicos poderão ser aprendidos por crianças do 1º ciclo da escolaridade básica, em ambientes de aprendizagem estruturados mas com um forte pendor construtivista e colaborativo, que elicitam competências cognitivas e metacognitivas e utilizem outros programas computacionais.

## INTRODUÇÃO

A introdução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nas escolas é hoje um facto social irreversível. É certo que não se verificou a esperada (nos anos 80) revolução que os computadores iriam provocar na educação em geral e na cognição em particular. Mas o número de alunos e de professores que utilizam o computador nas actividades escolares subiu drasticamente de 1985 a 1989 em todos os países da Europa, da América do Norte e do Japão e a partir de então não tem cessado de aumentar (Becker, 1989; De Corte, 1993; Macworld, 1990; Valcke, 1991). O mesmo se verificou em Portugal, embora com um ligeiro atraso em relação aos países tecnologicamente mais desenvolvidos, como se pode verificar pela leitura das estatísticas publicadas pelo Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério da Educação (1992).<sup>1</sup>

Nessa década, fazia sentido dividir as reacções dos professores e mesmo dos investigadores à utilização do computador nas escolas em dois grupos distintos, os entusiastas e os receosos. Na literatura era frequente a referência a estas duas tendências na atitude dos professores. E nos artigos de opinião e mesmo científicos era claro que existiam duas posições diversas e por vezes mesmo divergentes face às potencialidades desta nova tecnologia na melhoria da qualidade do processo de ensino/aprendizagem e seus efeitos no desenvolvimento cognitivo, social e emocional das crianças.

Os mais entusiastas atribuíam ao computador, e em particular à linguagem de programação Logo, o poder de mobilizar o desenvolvimento cognitivo e de provocar profundas alterações no modo como os alunos estavam habituados a aprender (Papert, 1980).

Os receosos referiam que o computador poderia inibir o desenvolvimento sócio-emocional das crianças, mecanizar o pensamento e secundarizar o papel do professor. Poderia ainda, em sua opinião, promover uma epidemia de "pensamento instrumental", quer dizer, que advoga que o raciocínio é mais um meio do que um fim (Dreyfus & Dreyfus, 1986; Weizenbaum, 1984).

Estas duas posições acima esquematicamente apresentadas, baseavam-se mais em pressupostos teóricos do que em verificações empíricas.



Hoje esta distinção não tem o significado que então lhe era atribuído.

### **A escola, os professores e a informática escolar**

No que concerne aos professores, e continuando embora a existir uns mais entusiastas e outros mais receosos da sua utilização, as mudanças da vida social e a progressiva familiarização das crianças com o computador na vida extra-escolar, tomaram a sua aceitação inevitável. No entanto, assistimos hoje, sobretudo nas escolas públicas, a uma fase de desencorajamento por parte de muitos professores que se empenharam no Projecto Minerva<sup>2</sup>. Depois de um período de experiências piloto e grande envolvimento por parte de alguns professores (1985-1988), assistiu-se a uma generalização do projecto a todo o país (1988-1992). Esta envolveu muitos professores e alunos dos vários graus da escolaridade, do pré-escolar ao secundário. No ano de 1994, quando iniciamos a recolha de dados para a elaboração desta tese, os vários pólos do Projecto Minerva retiravam-se da intervenção no terreno e dedicavam-se à avaliação da experiência. Estávamos na fase final do Projecto. Era notório o desencanto de alguns professores que investiram a sua disponibilidade e energia neste projecto, porque acreditaram que os computadores podiam introduzir mudanças positivas no processo de ensino-aprendizagem, numa escola que muitos consideram pouco estimulante para alunos e professores. O problema que actualmente se põe é como dar continuidade a esta experiência. A quem caberá a responsabilidade de apoio técnico e financeiro para adquirir novos computadores e programas e fazer a manutenção dos já existentes? Quem assumirá a formação inicial e contínua dos professores neste domínio? Numa sociedade profundamente marcada pelo avanço tecnológico, onde quase todas as actividades implicam a utilização do computador, é impensável não dotar as escolas com novos sistemas informáticos e preparar os docentes para saberem utilizá-los, sabendo escolher, entre os programas que existem no mercado, os mais pertinentes para atingir os objectivos educativos. Trata-se de proceder a uma segunda alfabetização dos alunos mas também dos professores, preparando-os para uma cultura informática<sup>3</sup>.

Se considerarmos a formação dos professores neste domínio não só de um ponto de vista instrumental (saber escolher e usar vários programas

informáticos) mas também do ponto de vista teórico/epistemológico, teremos ainda de incluir nela algumas noções básicas de computação, inteligência artificial e modelos/teorias da mente humana, tida como um processador de informação.

Utilizando as palavras de Alan Shaw (1990), *“o computador como uma caixa negra sempre foi uma mistificação frustrante para o público em geral e não podemos compreender as suas limitações se não conseguirmos compreender as suas realizações .... Conseguir uma verdadeira transparência do funcionamento do computador é como superar uma montanha pedagógica. Como podemos introduzir as noções básicas das máquinas de Turing e da electrónica em programas que têm uma finalidade especificamente educativa? Isto ainda não foi feito de um modo satisfatório mas, se o fosse, creio que constituiria a contribuição mais importante que os computadores já alguma vez deram à pedagogia”* (p. 436).

Por outro lado, pensamos que a imagem da “escola tradicional”, como é retratada no penúltimo livro de Seymour Papert (1993), ainda dominante em Portugal, terá a longo prazo tendência a desaparecer. Não tanto porque a maioria dos seus dirigentes façam um esforço de modernização mas porque alguns dos seus utilizadores (alunos e pais) exigirão essa mudança, através de processos que nada terão a ver com os até aqui habituais meios de reivindicação (manifestações, pressão social). Exemplo desta nova tendência, é o que está a acontecer nos países tecnologicamente mais desenvolvidos, caso dos EUA e do Japão, onde há cada vez mais crianças a aprender fora da escola ou cujos pais e professores mais inovadores se associam para criar alternativas à escola tradicional (Papert, 1993).

Com a progressiva evolução tecnológica, onde existem cada vez mais possibilidades de conceber ambientes estimulantes de auto e hetero-aprendizagem, através da montagem de redes de informação e comunicação e de programas computacionais que se adaptam às características individuais do utilizador, a escola tradicional, baseada numa transmissão unilateral de alguns conhecimentos restritos, está condenada a tomar-se obsoleta para a maioria dos alunos. A longo prazo sobreviverão as escolas que conseguirem acompanhar as profundas mudanças que se estão a operar na vida social ou então, caso mais trágico do ponto de vista da justiça social, a escola de massas ficará reservada às crianças provenientes dos extractos sociais mais

desfavorecidos e as escolas privadas a educar os filhos das elites, que poderão competir num mercado de trabalho alargado (europeu e mesmo mundial). Não admira que actualmente, e mesmo no nosso país, sejam as escolas privadas que mais investem neste domínio, apoiando-se no saber tecnológico das empresas de informática, que implementam redes de computadores, introduzem programas e procedem à formação técnica dos professores. Há ainda os centros de formação privados que realizam cursos informáticos não só para adultos, como era habitual, mas também para crianças a partir dos 4 anos, o que revela a existência de um mercado potencial para a aprendizagem destas novas tecnologias.

Não é possível a cada escola ter um computador por criança a curto prazo. Mas o mesmo não se passa no ambiente familiar, onde muitas crianças poderão ter acesso a um computador que, por sua vez, poderá estar ligado a uma ou mais redes de informação universal. É provável que a médio prazo o computador esteja tão presente nos agregados familiares como hoje está o televisor, o que poderá produzir efeitos, ainda não previstos ou sequer pensados, em termos do sistema educativo tradicional.

Mesmo num país como o nosso, tecnologicamente dependente, a aceitação das TIC é inevitável, pois em termos históricos nunca nenhuma sociedade se opôs à introdução dos avanços técnicos produzidos pelos países mais desenvolvidos, a não ser em casos hoje remanescentes, motivados por uma oposição frontal de ideologias.

Isto não significa a aceitação passiva, como se de um imperativo social inquestionável se tratasse, desta tendência das sociedades modernas ou em vias de modernização. Significa, pelo contrário, que só um conhecimento das possibilidades e limitações das novas tecnologias postas às disposição dos adultos e crianças, tornará possível um juízo crítico sobre tal matéria.

A aceitação psicológica das TIC é que poderá ser mais difícil de conseguir no grupo de professores receosos da sua utilização porque, reconhecendo embora a sua importância, têm medo de não conseguirem adaptar-se a estes novos meios de aprendizagem e comunicação, que os alunos facilmente dominam. Existem ainda os professores indiferentes, quer dizer, que estão a observar, numa atitude expectante, o que o futuro lhes reserva. Não se envolvem nas actividades de discussão e reflexão sobre o

computador como os professores entusiastas, nem opõem argumentos de resistência como os receosos. Limitam-se a estar presentes, a ouvir os argumentos, a observar as reacções e a realizar algumas actividades no computador.

Apesar desta diversidade de comportamentos face à utilização do computador, existe hoje uma maior aceitação social dos diferentes grupos de professores, pois todos eles reconhecem que a escola não pode alhear-se dos incentivos extra-escolares dos alunos. As crianças de hoje são de facto a geração do computador (Papert, 1993) e os professores já se aperceberam disso.

Exemplo desta tendência foi a reacção das direcções das escolas e dos professores face ao pedido para se realizar investigação sobre a aprendizagem com o computador.

Na tese de mestrado (Miranda, 1987-1989) tivemos dificuldade em encontrar uma escola para realizar o trabalho empírico apesar de, nessa altura, estarmos no período de experiências piloto do Projecto Minerva.

Para esta investigação o problema não residiu em encontrar escolas e professores disponíveis mas em seleccionar o ambiente de aprendizagem mais adequado ao trabalho que queríamos desenvolver, quer em termos de disponibilidade dos professores quer de recursos técnicos. Foi nas escolas privadas que encontramos mais dinamismo e abertura por parte das direcções e dos professores e meios técnicos mais competitivos e atraentes (computadores mais modernos, com mais capacidade de memória e por isso com maior facilidade e rapidez no processamento da informação, com programas mais interactivos, onde se pode utilizar a cor, a imagem, o som e o texto).

#### **Os computadores, a escola e os resultados da investigação**

As atitudes dos professores e dos dirigentes escolares têm vindo a alterar-se, passando de um entusiasmo, por vezes, pouco fundamentado, ou de um receio-pessimista, que consideramos conservador, para atitudes mais realistas. De igual modo, as investigações não tinham, até há bem pouco tempo (finais da década de 80), fornecido respostas inequívocas a perguntas

que têm a ver com as potencialidades e os efeitos da aplicação do computador na educação (De Corte, 1992). Muitos dos resultados eram contraditórios e numerosos estudos foram criticados pelas suas insuficiências metodológicas (Collins, 1991; De Corte, 1992; Valcke, 1991; Verschaffel, 1991,) e pela posição dos problemas em estudo (Falbel, 1991; Mendelsohn, 1991; Papert, 1991; 1993; entre outros).

Vários autores, de quadros teóricos e abordagens metodológicas diferentes, têm vindo a chamar a atenção para este problema, considerando que os resultados contraditórios das investigações realizadas se devem à excessiva focalização dos investigadores na tecnologia "per si" (De Corte, 1992; Falbel, 1991; Papert, 1991) ou a expectativas exageradas face aos efeitos da utilização do computador no desenvolvimento cognitivo, nomeadamente nas competências cognitivas de alto nível (*higher order skills*) (Campbell & Schwartz, 1986; Mendelsohn, 1991). Teremos ainda de acrescentar que mesmo neste sentido restrito, quer dizer tecnológico, nem todos os computadores e programas têm as mesmas características, apresentando cada ambiente informático meios distintos de aprendizagem.

Mesmo ambientes com programas que incitam os alunos a construir mais do que a reproduzir conhecimentos (caso das simulações, das bases de dados, dos programas multimédia e das linguagens de programação) têm subjacente uma determinada arquitectura funcional que induz os alunos a representar a solução dos problemas de modo distinto. Por exemplo, resolver um problema em linguagem LOGO, que é imperativa e de estrutura procedural, não é o mesmo que resolvê-lo em linguagem Prolog, que é declarativa e de estrutura inferencial. O próprio meio, neste caso o programa informático, determina possibilidades de utilização e mais ainda de pensar e representar os problemas a serem resolvidos. E condiciona ainda os processos de os resolver, nomeadamente a nível da aprendizagem de heurísticas e de estratégias de resolução e de controlo das mesmas.

Mas o sujeito-aprendiz impõe também a sua maneira de representar (pensar) e solucionar (processos e estratégias) problemas. Mendelsohn (1991) chama a atenção para este aspecto da interacção criança-computador; ou dito de outro modo, da interacção entre um sistema inteligente natural e um

sistema inteligente artificial. “*Que relação existe entre a aprendizagem do LOGO e o estudo do desenvolvimento cognitivo?*” (ibidem, p.50). Segundo este autor, o LOGO pode ser utilizado como um modelo do desenvolvimento cognitivo, não para avaliar os seus efeitos, nomeadamente de transferência das aprendizagens, mas para realizar uma análise das diferentes componentes desenvolvimentais implicadas na actividade de programação. Algumas das questões que se colocam ao professor mas também ao psicólogo são: o que aprende uma criança que programa o computador? Que relação tem a aprendizagem da programação com as capacidades intelectuais que ultrapassam a simples mestria do código do programa? O que se deve ensinar às crianças? Em que idade? Que nível de mestria dos conceitos informáticos podemos esperar que as crianças atinjam no final de cada ciclo da escolaridade? Que relação estabelecer entre aprendizagem da programação e conteúdos curriculares? Embora alguns aspectos envolvidos nestas questões tenham já encontrado resposta em investigações realizadas nos últimos anos, muitos outros estão ainda por elucidar. O trabalho experimental, base empírica desta investigação, insere-se nesta linha de procura.

Existe ainda uma terceira componente na mediação da interacção criança-computador/programa, a saber, o contexto social (professor e colegas), que podem facilitar ou dificultar esse processo. Alguns estudos têm-se debruçado sobre esta dimensão do trabalho com o computador nas escolas. Os trabalhos de Brigitte Denis (1991) centram-se no papel do professor como mediador privilegiado da interacção criança — computador/LOGO. Outros investigadores incidem a sua atenção nos métodos e processos de ensino do LOGO. É o caso de Tamara Lemerise (1991), de Olivier de Marcellus (1991), de De Corte et al (1988; 1991; 1994) e de Lehrer et al. (1988; 1990). Vários destes autores como, por exemplo, De Corte et al. (1991), pensam mesmo que algumas das dimensões da mediação da aprendizagem criança-computador, que até há bem pouco tempo estavam dependentes do professor, podem ser incluídas no próprio programa. Actualmente, com a rápida evolução da informática, muitas das componentes do processo de ensino/aprendizagem, que estavam a cargo do professor, são entregues ao próprio computador. É o caso dos actuais *Intelligent Tutoring Systems* (ITS), que são tentativas de criar

ambientes instrutivos baseados nos conhecimentos produzidos nos últimos anos sobre os processos de aprendizagem. Estes sistemas servem ainda para testar princípios teóricos da aprendizagem. É esta a linha actualmente seguida por muitos dos investigadores da psicologia cognitiva, que se interessam por esta área. Mendelsohn et al. (1994) desenvolve investigação neste domínio. Outros investigadores (Anderson et al., 1985; Scardamalia et al., 1989; Brown, 1990; Kaput, 1992; De Corte et al., 1992; De Corte, 1993; VanLehn & Jones, 1993; entre outros) fazem-no também.

No entanto, apesar das novas potencialidades destes sistemas informáticos face aos seus antecessores CAI - Tutoriais, sobretudo na sua capacidade para interagir com o aluno, diagnosticar, fornecer *feedback* e correcção, a componente instrutiva (direccionada) é ainda dominante face à componente construtiva (descoberta e exploração), que hoje se sabe ser fundamental em qualquer processo de aprendizagem.

A dimensão da aprendizagem e do processo instrutivo, foi também por nós considerada na concepção e implementação do ambiente Logo, na escola onde se desenvolveu o trabalho empírico.

Actualmente, a maioria dos investigadores concorda que uma das deficiências da aplicação dos computadores na educação tem sido a falta de articulação com os objectivos curriculares ou então a reprodução de práticas de ensino/aprendizagem tradicionais (De Corte, 1993; Papert, 1980; Solomon, 1986).

No primeiro caso, incluem-se as linguagens de programação, sobretudo quando utilizadas no 1º ciclo da escolaridade, pois muitos professores têm dificuldade em perceber a utilidade desta aprendizagem para atingir os objectivos educativos e as hipóteses dos investigadores relacionadas com problemas que lhes parecem alheios à sua prática quotidiana. E de facto a lógica da investigação neste domínio nem sempre coincide com a lógica do processo educativo; os resultados a que chega é que podem ajudar os professores a melhor entender as possibilidades da utilização dos programas em estudo.

No segundo caso, estão os programas tutoriais e sobretudo os de *drill-and-practice*, que nada mais são do que lições dadas por um computador ou

exercícios que aparecem num ecrã. Estes têm sido sobretudo utilizados no ensino da matemática e da língua materna. Embora ainda seja esta a aplicação mais comum dos computadores na educação, estes programas fazem sobretudo apelo a actividades mentais de baixo-nível (*mental lower-level activities*), o que em parte explica o fracasso da tão esperada revolução que os computadores iriam provocar na cognição. Mesmo o processador de texto, que segundo Becker (1989) é a ferramenta computacional mais utilizada no ensino secundário nos E.U.A. tem sido sobretudo inserida nos programas escolares para ensinar os alunos a utilizá-la e não para os apoiar a exprimir as suas ideias e a comunicá-las através da escrita. Geralmente, os professores têm dificuldade em explorar as possibilidades de cada programa informático e as enormes capacidades dos computadores para manusear e apresentar a informação.

Outro aspecto explicativo do relativo fracasso dos computadores na educação, tem a ver com uma concepção, que designaremos de "naïf", e que se prende com uma estratégia de acrescento do computador às actividades habitualmente realizadas, pensando-se que por si-mesmo irá provocar uma aprendizagem qualitativamente melhor. Sabe-se hoje que esta estratégia é pouco eficaz e que, apesar das grandes potencialidades do computador, estes necessitam de ser inseridos em ambientes de ensino/aprendizagem eficazes, quer dizer, ambientes instrutivos que eliciem nos alunos processos de aquisição de conhecimentos necessários para atingir objectivos educacionais estimulantes.

#### **Ambientes de aprendizagem informatizados**

O nosso trabalho empírico insere-se nesta nova maneira de encarar a inserção dos computadores na escola. Utiliza a linguagem de programação Logo, por razões que à frente apresentaremos.

O objectivo é analisar e determinar alguns dos efeitos cognitivos da utilização desta linguagem de programação em crianças do 4º ano da escolaridade (9-10 anos de idade) em três ambientes instrutivos diferentes, dois deles deixados aos critérios dos professores e um terceiro modelado em alguns princípios teóricos de aprendizagem. Os efeitos cognitivos analisados



concernem *skills* cognitivos, geralmente atribuídos a esta linguagem de programação. nomeadamente dois *skills* metacognitivos (planear e detectar/corrigir erros) e duas heurísticas de resolução de problemas (decomposição do problema e elaboração de uma representação externa). Particular atenção é dada à análise e determinação dos efeitos da utilização do Logo na capacidade de planear. Alguns autores (Blanchet, 1981; Richards, 1986) consideram que o período etário por nós considerado é um período sensível do desenvolvimento cognitivo da criança, onde as estratégias de planificação desempenham um papel importante na organização do conhecimento declarativo e procedural sobre a acção (do saber e do saber-fazer). Em que medida o Logo, uma linguagem procedural, pode apoiar as crianças na construção destes conhecimentos? Como é que a variação do ambiente instrutivo tem influência no processo de aprendizagem destes saberes? Estas são as questões fulcrais que guiaram a nossa pesquisa.

O Logo Gráfico tem sido considerado mais como uma linguagem com a qual se pode aprender do que uma linguagem que se aprende, quer dizer, visa mais a aprendizagem de um processo (modos de pensar) do que a aprendizagem de conteúdos (o que pensar). Mas faz apelo a conhecimentos de geometria, ou seja, a representações espaciais <sup>4</sup>. Esta dimensão (associada ao desejo das professoras utilizarem este programa como um meio de ensinar alguns conceitos geométricos) levou-nos a conjugar no processo de ensino do Logo, a programação com os *skills* cognitivos antes referidos e a aprendizagem de figuras geométricas simples e complexas. *"O Logo fornece um meio para ligar dois sistemas de representação: conhecimento das propriedades das figuras e conhecimento do estado correspondente dos operadores requeridos para construir o padrão equivalente na geometria da tartaruga"* (Lehrer et al, 1988). Por isso, esta investigação visa ainda analisar a influência da utilização desta linguagem de programação nos conhecimentos de geometria, nomeadamente na noção de ângulo e de figuras geométricas planas, os polígonos regulares, que fazem parte do programa do 4º ano da escolaridade.

Não nos limitamos a formular a hipótese que a utilização de um sistema simbólico complexo, como o é a linguagem Logo (quando integrado no projecto pedagógico e na vida da classe) pode ser capaz de mobilizar o

desenvolvimento natural do processo cognitivo, como o fizemos na tese de mestrado. Vamos desenvolver e avaliar um ambiente de aprendizagem do Logo que vise a aquisição e transferência de alguns *skills* cognitivos e metacognitivos, bem como conhecimentos espaciais, que são considerados, na literatura especializada, sensíveis à utilização desta linguagem de programação. Neste aspecto afastamo-nos da concepção estruturalista da cognição tal como foi concebida por Piaget e que tínhamos adoptado na tese de mestrado, e enquadramo-nos na teoria da psicologia cognitiva do processamento da informação. Tivemos ainda o cuidado de inserir a aprendizagem num contexto significativo, quer dizer, que tenha algum sentido para as professoras (e as crianças), de modo a que estas pudessem encarar as actividades realizadas com o Logo como um meio de atingir alguns dos objectivos pedagógicos por elas formulados.

Como referimos, as professoras que colaboraram neste estudo, viam no Logo um meio capaz de apoiar os alunos a aprender algumas noções básicas da geometria, isto é, do estudo do espaço (Van Hiele, 1987). Só uma professora, cuja classe ficou como Grupo Experimental, viu também nele um meio de apoiar os alunos a explicitar alguns conhecimentos, a controlar a actividade cognitiva e a desenvolver o raciocínio lógico.

#### **A linguagem de programação Logo**

Porquê utilizar o Logo nesta investigação e não qualquer outra linguagem informática?

A escolha do Logo teve a ver com vários factores. Destacamos três que foram determinantes.

O primeiro é de oportunidade. O Logo é a linguagem informática que melhor conhecemos, em termos de utilização pessoal (para além dos utilitários, dos jogos, dos CD-Roms e da Internet) e de utilização por crianças e professores. Realizamos a tese de mestrado com este programa informático.

O segundo tem a ver com uma concepção pessoal. Continuamos a pensar que programar um computador é um bom exercício para desenvolver o raciocínio "é um ginásio de actividade mental" (Mendelsohn, 1987), sendo por isso diferente de utilizar outros programas informáticos mais utilitários, como o

processador de texto ou os que fazem apelo a sequências de ensino repetitivas dos conteúdos curriculares. Neste sentido, programar insere-se mais no domínio da aprendizagem dos instrumentos/técnicas básicas de representação do que no da aprendizagem de conhecimentos temáticos, associados às várias disciplinas. *"Aprender a programar é aprender um novo sistema de representação, semelhante à aprendizagem dos sistemas mais convencionais dados na escola, como a aprendizagem da leitura e da escrita, as diferentes formas de representação gráfica, do sistema numérico e das operações aritméticas e ainda a aprendizagem da lógica e do raciocínio"* (Mendelsohn, 1991). Talvez não se trate de aumentar o número de linguagens que as crianças têm que aprender na escola, mas de integrar estes novos sistemas de representação nos sistemas mais convencionais. De resto, como refere Mendelsohn (1991), estes sistemas, que estão presentes em qualquer actividade simbólica, são mais ou menos transformados pelos suportes informáticos. O Logo permite operar com estes sistemas de representação mais convencionais de um modo muito diferente, facultando em simultâneo a preparação das crianças para os conceitos básicos da computação, que nos parecem determinantes numa cultura informática.

O terceiro factor que levou à escolha do Logo tem a ver com a impossibilidade prática de utilizar na investigação uma linguagem multimédia com uma componente de programação por objectos como, por exemplo, o Hypercard para Macintosh, porque a fomos aprendendo ao mesmo tempo que as professoras e crianças. Embora nos pareça um programa mais atractivo e fácil de aprender, não nos sentimos capazes de formular questões de investigação pertinentes, ao mesmo tempo que estávamos a conhecê-lo.

#### **Contexto, objectivos e metodologia de investigação**

Iniciamos a investigação em Janeiro de 1994. Para a sua realização escolhemos três classes do 4º ano da escolaridade (crianças dos nove aos dez anos) de um colégio particular situado na Grande Lisboa.

A selecção deste colégio foi feita com base em observações formais e informais de professores e crianças que desenvolviam actividades com o computador, neste e em mais dois colégios particulares, também situados na Grande Lisboa, durante o ano lectivo de 1993/1994. Tivemos particularmente

em conta o ambiente de aprendizagem mais propício ao desenvolvimento da investigação (e por isso entendemos melhores condições materiais, quer dizer, computadores e programas mais actualizados, maior disponibilidade da direcção e sobretudo dos professores para colaborar no desenvolvimento de um trabalho de investigação que, como todos sabemos, é exigente, moroso e implica uma grande disponibilidade psicológica).

Se considerarmos ainda que esta investigação se prolongou durante um ano lectivo, e visou não só descrever e analisar o que se passava, mas modelar um ambiente de aprendizagem, o que implica uma intervenção directa e controlada sobre o mesmo, podemos desde já imaginar que nem todos as escolas e professores estão disponíveis para realizar tal percurso.

Poderemos interrogar-nos sobre a cientificidade de um tal projecto. O investigador precisa sempre de justificar e fundamentar, quando apresenta publicamente os resultados da sua actividade científica, a orientação e percurso metodológico adoptado. E é sempre "tentado" a estabelecer dicotomias, que têm as suas raízes históricas em duas tradições que se desenvolveram isoladamente, embora em certos momentos sejam interdependentes. Smith (1993) designa-as por orientação científica contemplativa ou ciência natural e de orientação tecnológica ou ciência não-natural. Esta dicotomia, embora com algumas ligações à já conhecida e que contrapõe métodos experimentais, que estudam os fenómenos provocados e métodos de observação, que estudam os fenómenos naturais, é mais ampla e pode recobrir ambos os procedimentos metodológicos. É uma distinção ao nível de orientação, que inclui não apenas os métodos e técnicas específicas privilegiadas pelo investigador, mas engloba ainda crenças e juízos éticos. Uma análise mais aprofundada desta questão será feita num dos capítulos desta tese — o da metodologia. Convém, no entanto, desde já avançar a nossa posição. As ciências da cognição e mais particularmente a psicologia cognitiva dos últimos 40 anos desenvolveu-se no âmbito do paradigma da modelação e estudo do conhecimento especializado. O trabalho pioneiro de Newell & Simon realizado nos finais da década de 50 e o projecto da Inteligência Artificial (IA) que a partir dessa data se tem vindo a desenvolver são disso o exemplo mais acabado. Não se trata de descrever as leis e princípios que explicam a complexidade do comportamento humano em diferentes situações, sobretudo

na resolução de problemas, ou de determinar os mecanismos responsáveis por determinadas funções mentais, mas de modelar artificialmente essas actividades e funções. Estamos mais do que nunca no domínio dos fenómenos artificiais<sup>5</sup>. E se no campo da psicologia cognitiva fundamental isto é evidente, o mesmo se passa no campo da psicologia cognitiva aplicada, mais preocupada com as questões da aprendizagem e da intervenção. A tecnologia educativa, inicialmente de orientação comportamental (Skinner, 1956), tem vindo, sobretudo a partir dos anos 60, a ter um cariz cognitivo. Nestes casos, como refere Herbert Simon (1981), *"a ciência está mais preocupada não com o necessário mas com o contingente, não de como as coisas são mas de como podem ser"*.

Trata-se não de descrever e interpretar como as coisas são mas de explicar, com uma fundamentação empírica e teórica, com modelos, o que os sistemas são e de como noutras circunstâncias poderiam ser muito diferentes. Uma teoria cognitiva da aprendizagem baseada na instrução, insere-se muito mais nesta linha projectiva e prescritiva do que descritiva. Pensamos que mais de 50 anos de estudo sobre a aprendizagem e o desenvolvimento da criança permitiram constituir uma base teórica suficientemente importante para que agora nos preocupemos com as questões de terreno, quer dizer, as condições de implementação desse conhecimento (quer na prática educativa, modelação de ambientes de aprendizagem eficazes, quer em máquinas, modelação da aprendizagem em máquinas *"machine learning"*). E implementar não significa traduzir de uma forma linear a teoria para a prática. Todo o bom tradutor sabe que traduzir é reconstruir, pois só assim pode acolher o texto original nessa nova estrutura linguística. Podemos ainda estabelecer uma outra analogia. A engenharia, a arquitectura, a IA, a economia, são ciências da modelação e não da descrição. Tratam do contingente e não do necessário. Têm alicerces nas ciências básicas mas produzem um tipo de conhecimento que não é redutível a essas mesmas ciências.

A metodologia adoptada para estudar a inovação educativa construída com as professoras e crianças é de raiz experimental, pois trata-se de estudar um fenómeno provocado e não um fenómeno natural e levanta hipóteses precisas sobre as condutas e conhecimentos em que a programação teria efeitos. Não se tratou exclusivamente de determinar os resultados de uma

inovação, mas de desenhar, implementar e avaliar essa inovação em estreita colaboração com as professoras e crianças em contextos educativos e de sala de aula "reais".

### Organização do texto

Concluimos esta introdução apresentando a estrutura do trabalho, que teve como preocupação integrar a investigação empírica realizada numa abordagem das questões relacionadas com os computadores, a ciência cognitiva e a educação. Particular atenção é dada aos efeitos da introdução dos computadores na melhoria do processo de ensino/aprendizagem e na actividade cognitiva dos alunos.

Na primeira parte, predominantemente teórica, analisamos (*no primeiro capítulo*), a importância do computador na constituição da 'agenda' dos actuais cientistas da cognição e descrevemos as bases da sua arquitectura e funcionamento: a lógica binária de Alain Turing e o computador digital de Von Neumann; referimos ainda os actuais neurocomputadores que processam a informação não serialmente, como os computadores digitais, mas paralelamente (*massively parallel*). Ainda neste capítulo, descrevemos brevemente os três grandes debates sobre a relação mente-corpo, com a tendencial passagem dos modelos computacionais da mente (o cognitivismo clássico ou de processamento simbólico e serial), para os modelos neuronais (o connexionismo ou de processamento subsimbólico e massivamente paralelo) e mais recentemente para os modelos de acção (os paradigmas 'enactivo' e de 'selecção da acção', que não têm como condição necessária o conceito de representação, como os dois anteriores, e vêm a mente mais como um mecanismo contínuo do que discreto). No *segundo capítulo* fazemos um esboço histórico das aplicações dos computadores no ensino, descrevendo em particular a passagem de programas de estrutura fechada, que controlam o percurso de aprendizagem, para outros mais interactivos e abertos, em que o aluno pode construir os seus próprios projectos. Veremos também como a estes dois tipos de utilização do computador no ensino, estão subjacentes diferentes concepções do processo de aprendizagem, a *behaviorista* e a *cognitivista*. Passaremos ainda em revista o modo como o desenvolvimento e

os resultados das investigações na psicologia cognitiva e na inteligência artificial e o próprio avanço tecnológico condicionaram esta evolução. Ainda neste capítulo referiremos as principais aplicações dos computadores ao ensino e descreveremos as que são mais importantes na actualidade, nomeadamente as novas linguagens de programação por objectos, os programas multimédia e as redes de informação e comunicação.

Prosseguindo numa maior aproximação ao nosso trabalho de investigação, a segunda parte, *terceiro capítulo*, incide sobre a utilização das linguagens de programação nos primeiros ciclos da escolaridade, descrevendo e caracterizando a linguagem Logo, em particular a versão utilizada neste estudo. Esta parte, contém ainda uma análise dos resultados da investigação sobre o Logo e em particular sobre os efeitos da sua utilização no desenvolvimento cognitivo dos alunos. Termina com a descrição da concepção de aprendizagem utilizada para modelar o ambiente instrutivo na Classe Experimental. É neste contexto que introduzimos a noção de transferência, pois os conhecimentos aprendidos na escola ou numa situação específica de aprendizagem, como o é a da programação informática, devem ser úteis e utilizáveis noutras situações mais ou menos próximas da situação inicial. A hipótese central do trabalho empírico visou precisamente determinar até que ponto as noções aprendidas no contexto da programação em Logo eram transferíveis para situações/tarefas similares e analisar os factores responsáveis pela ocorrência dessa transferência.

A terceira parte é, naturalmente, dedicada ao trabalho empírico.

No *quarto capítulo* definimos a problemática em estudo, as hipóteses, os domínios avaliados, as tarefas e provas construídas, a população estudada e o contexto escolar onde se desenvolveu a experiência. Como um dos objectivos centrais desta tese é o desenho e implementação de um ambiente de aprendizagem da programação que apoie os alunos no desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas e de conhecimentos geométricos, investigamos, no *quinto capítulo*, as novas condições para a aquisição destas competências. Descrevemos o dia-a-dia deste ambiente de aprendizagem, em que as 28 crianças da Classe Experimental aprenderam noções geométricas e programação em Logo, num ambiente semi-estruturado e colaborativo. No *sexto capítulo* descrevemos a actividade das duas Classes de Controlo que

aprenderam a geometria e a programação de um modo menos sistemático e cooperativo.

Na quarta parte, capítulos sétimo, oitavo e nono, analisamos os resultados e verificamos como as crianças da Classe Experimental aprenderam a melhor transferir algumas das competências cognitivas e metacognitivas e como progrediram na aprendizagem da geometria e do próprio Logo, quando comparadas com as crianças das duas Classes de Controlo.

Na parte final explicitamos as questões sugeridas pelo trabalho de investigação e formulamos as conclusões.

## Notas

---

<sup>1</sup> Actualmente este organismo tem a designação de Departamento de Programação e Gestão Financeira (depgef).

<sup>2</sup> Projecto Minerva – Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Actualização.

<sup>3</sup> Foram lançados no início do ano de 1997 dois projectos de (re)introdução da informática nas escolas básicas e secundárias portuguesas. Um, designado de uArte, promovido pela Ministério da Ciência e Tecnologia, visa equipar as escolas com, pelo menos, um computador multimédia, com acesso às redes nacionais e internacionais de informação/comunicação. O outro, chama-se Projecto Nónio séc. XXI, da responsabilidade do Ministério da Educação, tem por principal objectivo dar continuidade ao Projecto Minerva.

<sup>4</sup> Uma análise das competências que se desenvolvem com o Logo foi feita por Mendelsohn (1991), no artigo intitulado: *"Logo: qu'est-ce qui se developpe?"*.

Uma descrição minuciosa dos três tipos de representação do conhecimento mais comumente usadas pelo ser humano foi feita por J. Anderson (1983) no capítulo 2 do livro *"The Architecture of Cognition"*, denominado precisamente: *"Knowledge Representation"*. Actualmente considera-se que as representações motoras, não incluídas nos três tipos mencionados por Anderson, são uma das formas fundamentais de conhecimento dos seres humanos. Alguns autores, pertencentes ao *"enactive paradigm"* (Varela et al., 1991) chegam mesmo a questionar se é necessário falar do conceito de representação para descrever este tipo de conhecimento (Agre & Chapman, 1987; Brooks, 1990; Freeman & Skarda 1990; citados por Franklin, 1997).

<sup>5</sup> No sentido que lhes é atribuído por Herbert Simon (1969, 1981) no livro *"As Ciências do Artificial"*.



**PRIMEIRA PARTE**

**O COMPUTADOR, A CIÊNCIA  
COGNITIVA E A EDUCAÇÃO**

## O computador e a ciência cognitiva

### Resumo

Neste capítulo vamos analisar a importância do computador na constituição da ciência cognitiva.

Para entendermos a actual "agenda" dos cientistas da cognição e o papel do computador na análise dos "mecanismos da mente" (Franklin, 1995), teremos que referir o seu carácter multidisciplinar.

A partir dessa verificação, indicamos o modo como os filósofos da mente, os psicólogos cognitivistas, os cientistas da computação e os neurocientistas tentam investigar e explicar a natureza do espírito.

Particular atenção irá ser dada às décadas de 40 e 50, onde se geraram as principais ideias e se incrementaram as técnicas que permitiram fundar a ciência cognitiva, que se começou a desenvolver a partir dos anos 60, e a que alguns autores chamam "revolução cognitiva". Uma dessas ideias foi a de considerar a mente como um "engenho" que representa e processa informação.

Referiremos ainda os três paradigmas científicos que actualmente tentam explicar a relação ente o suporte material do pensamento e o pensamento ele-próprio ou, como referem os filósofos, a relação "mente-corpo" ou "mente-cérebro": o

paradigma cognitivista, que utiliza uma metáfora computacional da mente (a mente como um processador simbólico de informação); o paradigma conexionista que utiliza uma metáfora cerebral (a mente como um construtor conexionista de informação à semelhança do sistema neural); e, mais actualmente, o paradigma da acção emergente que vê a mente como um agente activo, pertença de um corpo — 'embodied' — inserido num ambiente — 'embedded'. Estes três paradigmas coexistem na actualidade com evidências empíricas que os suportam. Talvez, como referem Block (1991), Johnson-Laird (1994) e Clark (1997), estes diferentes paradigmas nos remetam para diferentes domínios da actividade cognitiva e para diferentes níveis de descrição e explicação dos processos mentais, que não são incompatíveis mas complementares.

## Introdução

*“A maioria dos fenómenos que são centrais aos seres humanos – os mistérios da vida e da evolução, da percepção, emoção e pensamento – são primordialmente fenómenos de processamento de informação; e se queremos alguma vez compreendê-los completamente, o nosso pensamento sobre eles deve incluir esta perspectiva”.*

David Marr, 1982.

Ao procurar as origens da actual ciência cognitiva e mais particularmente da psicologia cognitiva, que visa estudar o modo como o conhecimento está organizado na mente e os mecanismos/processos que nos permitem pensar, tivemos de recuar até aos anos quarenta.

No livro *“The Mind’s New Science”* (1985), Howard Gardner considera que há vários acontecimentos cruciais na fundação da ciência cognitiva, uns referindo-se às crenças centrais dos investigadores, outros a aspectos técnicos e metodológicos.

O computador e as representações mentais são as suas crenças fundadoras.

O computador surge como o modelo mais viável para simular ou mesmo replicar o modo como a mente humana funciona (embora, como veremos, de um modo reducionista<sup>1</sup> e controverso).

As representações mentais<sup>2</sup> são, por sua vez, um conceito indispensável quando se fala em actividades cognitivas. No que se refere a este aspecto, o nível de análise levado a cabo por muitos dos cientistas da cognição, sobretudo os psicólogos cognitivistas e os cientistas da computação, situa-se entre o biológico/neurológico e o social/cultural, espaço autónomo que não se confunde com os outros. Claro que nenhum cientista da cognição nega a importância das fundações biológicas (neurológicas) do pensamento humano, ou para usar uma metáfora computacional do *“hardware”* cognitivo; tão pouco nega a influência do meio e da socialização no funcionamento cognitivo. No entanto, o objecto de estudo de muitos desses cientistas situa-se noutra nível de análise, que é o da organização

ou arquitectura da cognição e dos processos que aí ocorrem. É a concepção funcionalista da mente (ver Boden, 1991; Block, 1991, entre outros)<sup>3</sup>.

Esta concepção articula-se já com a segunda ordem de factores formulados por Gardner, que são de natureza metodológica, pois restringir o objecto de estudo às representações mentais, secundarizando os aspectos neurológicos e culturais, implica necessariamente a utilização de certos procedimentos e técnicas de recolha e análise de dados, a análise funcional (Block, 1991).

Contudo, o (re)surgimento de dois novos paradigmas, o conexcionista nos anos 80 e o da acção emergente nos anos 90, levou a que algumas crenças, conceitos e procedimentos metodológicos dos investigadores se tenham vindo a alterar. Desta mudança falaremos posteriormente.

Outro aspecto metodológico refere-se ao trabalho multidisciplinar, que é levado a cabo pela maioria das equipas que se dedicam ao estudo da cognição, onde as principais disciplinas são a psicologia (cognitiva), a filosofia (da mente), a inteligência artificial, a linguística, a antropologia e a(s) neurociência(s). Segundo Gardner (ibidem) a relação entre as várias disciplinas que se dedicam ao estudo da cognição pode ser esquematizada do seguinte modo:

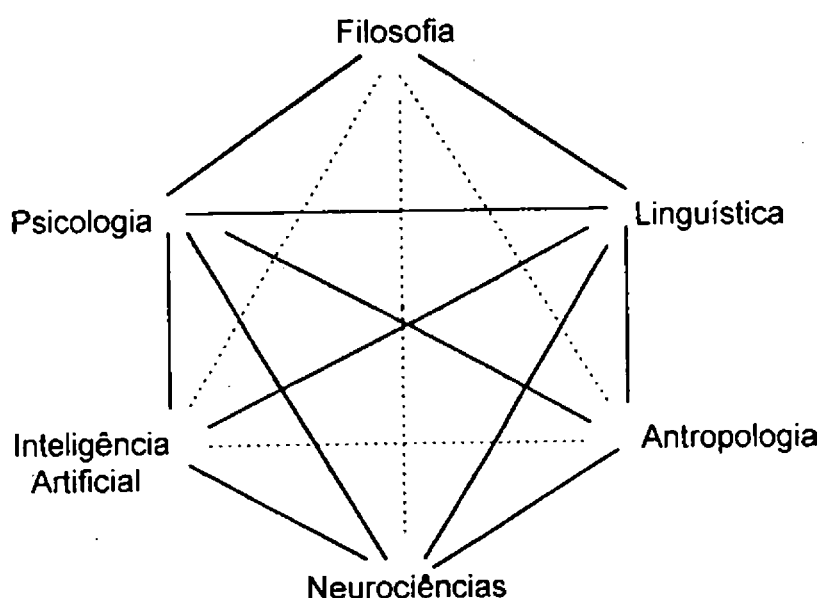


Figura 1-1: Relações entre as várias ciências cognitivas

Linhas = laços interdisciplinares fortes

Tracejado = Laços interdisciplinares fracos

(in: Howard Gardner. *The Mind's New Science: a History of Cognitive Revolution*, 1985, p. 37)

Por sua vez, Franklin (1995), matemático e cientista da computação, assume uma posição fisicalista da mente (*"a mente é o que o cérebro faz, ou qualquer coisa muito parecida de modo relevante"*), por ele considerada a única alternativa razoável para uma abordagem científica do problema mente-corpo. Segundo ele, as várias disciplinas que têm estudado a mente são a psicologia, a inteligência artificial, as neurociências e a robótica ou mecanismos da mente. Contudo, cada uma destas disciplinas recorre a abordagens diferentes no seu estudo. É assim que, ainda segundo Franklin (ibidem), algumas disciplinas adoptam uma abordagem predominantemente *top-down* (de cima para baixo) e outras *bottom-up* (de baixo para cima), umas têm uma dimensão sintética e outras analítica. Conjugando estes dois eixos num sistema cartesiano, obtemos o seguinte esquema:

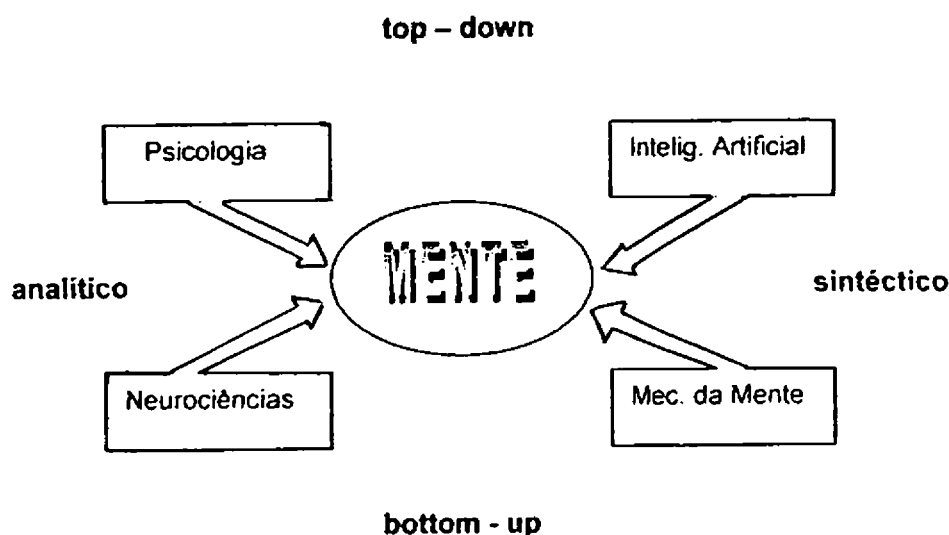


Figura 1-2: Disciplinas que estudam a mente (in Stan Franklin (1995). Artificial Minds. Cambridge, Mass.: The MIT Press).

A psicologia cognitiva adopta sobretudo uma abordagem *top-down*, pois estuda conceitos de alto nível (*high-level concepts*); assume também uma abordagem analítica pois estuda as mentes que realmente existem e tenta compreender como funcionam. A Inteligência Artificial (IA) procede igualmente a uma abordagem *top-down* mas, contrariamente à psicologia, é sintética, pois tenta construir mentes. As neurociências, particularmente a neurociência cognitiva,

estudam a mente de um ponto de vista *bottom-up* e de um modo analítico. Investigam os neurónios e grupos de neurónios e a sua actividade. Não tentam construir mecanismos da mente, mas sim analisar os que já existem. Finalmente, alguns investigadores mais recentes começam a adoptar uma abordagem *bottom-up* e sintética. Tentam construir o que Franklin (ibidem) designa por “mecanismos da mente”, “*sistemas artificiais que exibem algumas propriedades da mente em consequência de mecanismos internos*” (p. 10). Estes mecanismos da mente podem também ser designados por ‘robótica’ (robótica propriamente dita — “*real world robotics*”, vida artificial “*artificial life*” ou VA, e outros projectos no âmbito das ‘ciências do artificial’). De facto, quando se passa da simulação ou mesmo replicação em computador de situações circunscritas a um espaço de resolução (como o jogar xadrez, resolver puzzles aritméticos), para situações e problemas da acção em tempo real, como conceber robots que respondam a condicionalismos da “vida”, incertos e em permanente mudança, outras variáveis têm que ser consideradas.

Como vimos no esquema, proposto por Franklin, não figuram a cultura e as disciplinas que tradicionalmente se têm dedicado ao estudo da sua influência no comportamento humano. (Em contraste o esquema de Gardner, antes descrito, engloba disciplinas com um pendor mais ‘mentalista’, como a antropologia e a filosofia. Mas a verdade é que tem dificuldade em as integrar na sua análise quando adopta uma perspectiva fisicalista da mente).

Franklin assume que, embora o estudo da cultura seja indispensável para compreender a mente, há dificuldade em o considerar no esquema proposto. Deixa, contudo, uma ‘abertura’, dizendo que a cultura é de certeza uma abordagem *top-down* e analítica e que a antropologia e a sociologia poderiam ser incluídas no rectângulo da psicologia cognitiva (ver fig. 1-2, página anterior).

Para autores como Clark (1997), que adoptam uma concepção da mente como um sistema de controlo, pertença de um corpo e inserido num ambiente (paradigma da acção emergente ou *enactive*), a cultura e a os seus artefactos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da inteligência e fazem parte dela:

*"Então onde está a mente? Está realmente 'na cabeça', ou tem-se propagado a si própria, um pouco devassamente, para o exterior? A primeira vista esta questão é um pouco estranha. Apesar de tudo, os cérebros individuais permanecem como os lugares da consciência e da experiência. Mas o que dizer acerca da razão? Cada pensamento é gerado por um cérebro. Mas actualmente considera-se que o fluir de pensamentos e o sucesso adaptativo da razão dependem de interacções repetidas e cruciais com os recursos externos... Então, num certo sentido, os raciocionadores humanos são verdadeiramente engenhos de uma cognição distribuída: fazemos apelo aos recursos externos para realizar tarefas computacionais específicas, tanto como um computador em rede pode fazer apelo a outros computadores em rede para realizar trabalhos específicos ... O cérebro e o mundo colaboram de modos que são mais ricos e mais claramente guiados por necessidades computacionais e informacionais do que antes suspeitávamos" (ps. 68-69).*

Embora úteis, os esquemas classificativos das várias disciplinas que investigam a mente, são simplificadores. Na prática, os cientistas da cognição trabalham em equipas pluridisciplinares e muitos deles possuem conhecimentos e dominam técnicas diversificadas. Podemos encontrar técnicos que trabalham na percepção da linguagem, biólogos que estudam a representação mental das relações espaciais e físicos que tentam compreender a consciência (Laird, 1994). Como refere Simon, investigador da IA, da psicologia cognitiva e prémio Nobel de economia: *"actualmente, os cientistas que trabalham neste (refere-se à ciência do projecto e à psicologia do processamento da informação) e noutros campos (linguística, inteligência artificial, epistemologia) descobriram um território comum denominado "ciência da cognição" (cognitive science) que deu origem a uma nova revista científica com o mesmo nome e a uma nova associação profissional" (1981 p. 11).*

Contudo, os psicólogos continuam a estudar a percepção, a memória, o pensamento e a acção.

## **O Nascimento da Ciência Cognitiva**

O conhecimento humano, nomeadamente o científico, é fruto de continuidades e rupturas, algumas delas levando a uma nova visão da realidade, a



uma mudança de paradigma, como Thomas Khun refere na sua principal obra, *"The Structure of Scientific Revolutions"* (1962). O nascimento da Ciência Cognitiva foi uma dessas rupturas e o seu reconhecimento oficial parece não levantar dúvidas. Para George Miller (1973, citado por Gardner, 1985) esta nova ciência nasceu em 1956.

Foi nesse ano que se realizou o Simpósio sobre a Teoria da Informação (*Symposium on Information Theory*) no Massachusetts Institute of Technology (M. I. T.) de 10 a 12 de Setembro. Nele estiveram presentes os cientistas mais representativos da teoria da comunicação e das ciências humanas. Entre eles destacam-se Allen Newell e Herbert Simon, Noam Chomsky, George Miller, Jerome Bruner, Michael Posner e George Mandler. No dia 11, foram apresentadas duas comunicações, uma da autoria de Newell & Simon, intitulada *"Logic Theory Machine"*, que descrevia a prova de um teorema totalmente realizada por um computador, e a outra de Noam Chomsky (*Three Models of Language*), na altura um investigador ainda pouco conhecido, que argumentava que as línguas naturais podiam ser analisadas tão precisamente como a matemática. Foi também neste Simpósio que o psicólogo George Miller afirmou pela primeira vez que a capacidade da memória a curto prazo é limitada, e que este limite no processamento de informação se aproxima das sete unidades. A sua comunicação intitulava-se precisamente *"The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information"*, publicada na revista *"Psychological Review"*. Foi ainda nesse ano que surgiu o livro de Bruner, Goodnow & Austin, *"A Study of Thinking"*.

Foram estes primeiros trabalhos na linguística, na psicologia cognitiva e na computação (Inteligência Artificial) que originaram a ciência cognitiva. Entretanto, o computador e a formalização matemática de várias actividades cognitivas criaram novas metáforas e novos métodos de trabalho na comunidade científica que se dedica ao estudo da mente.

Na lista de publicações que marcaram o nascimento da ciência cognitiva temos que incluir também o livro de John von Neumann, intitulado *"The Computer and the Brain"*, publicado em 1958. Von Neumann, o pai do computador digital,

descreve neste livro as diferenças entre o computador analógico e o digital, analisa a ideia de programa, as operações da memória nos computadores, a possibilidade de máquinas que se replicam a si-próprias. E estabelece ainda analogias entre o funcionamento do cérebro e o funcionamento do computador digital, o que já antes fora feito pelo matemático Alan Turing. Este livro, pensado como uma série de conferências a serem proferidas na universidade de Yale (as famosas conferências Silliman), acabou por ser publicado postumamente, pois von Neumann, gravemente doente não as pôde ler em público e investiu as forças que lhe restavam na sua redacção.

Foi também no verão do ano de 1956, uns meses antes da realização do Simpósio no M.I.T., que um grupo de jovens cientistas formados em matemática e lógica e interessados na resolução de problemas por computador, se reuniu em Dartmouth, para discutir este assunto. Neste encontro estiveram presentes John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell e Herbert Simon, que são reconhecidos como os pais do que se passou a partir daí a designar por Inteligência Artificial (designação atribuída a John McCarthy). Estes investigadores e os outros que participaram neste encontro, trocaram ideias sobre programas que poderiam resolver problemas, reconhecer padrões, realizar jogos como o xadrez e pensar logicamente. Segundo Gardner (1985), este encontro foi tão determinante para o desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA), como o Simpósio realizado no MIT, uns meses depois. Dele surgiu um grupo permanente de investigadores da I.A., centrado em três campus universitários — M.I.T., Stanford e Carnegie-Mellon.

Não foram só a psicologia, a linguística e a inteligência artificial que contribuíram para o surgimento da ciência cognitiva. Outras ciências começaram a desenvolver-se neste sentido em meados dos anos 50, entre elas as denominadas neurociências, que procuram estudar as fundações neurológicas da cognição.

Filósofos, afastados da investigação empírica, começaram também a dar o seu contributo reflexivo. Entre eles destaca-se Hilary Putman, na altura a trabalhar na Universidade de Princeton. Desenvolveu algumas ideias inovadoras que ajudaram a clarificar as implicações epistemológicas das demonstrações de actividades inteligentes feitas no âmbito da IA e permitiram um contacto mais

próximo entre a filosofia contemporânea e o trabalho empírico feito nas diversas ciências cognitivas. Entre essas ideias inovadoras destaca-se a seguinte: o desenvolvimento das noções da máquina de Turing e a invenção do computador digital de Von Neumann, ajudaram a resolver ou a dissolver o problema da relação entre o corpo e o espírito. Porquê? Porque as operações lógicas e matemáticas que são levadas a cabo pelos programas computacionais (o 'software') poderiam ser descritos independentemente do computador (do 'hardware') onde correm ou são implementados. A descrição lógica de uma máquina de Turing não inclui a especificação do seu suporte físico. A analogia que se pode estabelecer e que se deve a Putman, é a seguinte: o cérebro humano (ou 'estados corporais — *'bodely states'*') corresponde ao 'hardware' computacional; os padrões de pensamento e resolução de problemas (ou 'estados mentais — *mental states'*') poderiam ser descritos separadamente da constituição particular do sistema nervoso humano. Putman acrescenta ainda que os seres humanos, mais do que os computadores, acolhem programas; e que a mesma linguagem simbólica poderia ser invocada para descrever os programas nas duas entidades. Veremos posteriormente que esta ideia que ajudou a teorizar o trabalho que estava a ser desenvolvido na I.A., não resolveu de todo o problema clássico da relação entre o suporte material do pensamento e o pensamento ele-próprio. Mais ainda, a analogia metafórica estabelecida por Putman nos anos 60, foi contestada por uma diversidade de autores, alguns deles provenientes da I.A., como é o caso de Weizenbaum (1976; 1984). O próprio Putman, que nos anos 70 se transferiu para o Departamento de Filosofia da Universidade de Harvard, onde actualmente lecciona, modificou a sua visão deste problema. Outros filósofos, como Dreyfus (1972) e Searls (1980; 1984) são igualmente críticos face aos empreendimentos da I.A. e colocam sérias reticências à possibilidade de formalização do pensamento, pois nem todos os estados mentais seguem as leis da lógica. Como refere Helder Coelho (1995), *"... a idealização do sistema físico simbólico é uma proposta justa para descrever o modelo de operação dos computadores digitais, e portanto a sua inteligência, em oposição à das mentes humanas. Isto leva-nos a considerar que a tese da IA fraca está perfeitamente ao nosso alcance e que a tese da IA forte<sup>4</sup> está actualmente fora dos limites possíveis da IA, isto é, as máquinas computacionais podem simular os mecanismos da inteligência e por*

*isso são úteis, mas são incapazes de replicar a actividade mental dos seres humanos e os modos mais complexos como os seres humanos pensam ou deveriam pensar” (p. 455).*

Outras ciências começaram também a desenvolver-se no sentido do estudo das actividades e práticas cognitivas dos povos ‘primitivos’ — a denominada antropologia cognitiva ou etnosemântica — e do estudo do comportamento animal em meio natural — a etologia.

## **O desenvolvimento da (s) Ciência(s) Cognitiva(s)**

As ideias e projectos lançados na década de 50 começaram a desenvolver-se na década seguinte. Segundo Gardner (1985), Jerome Bruner e George Miller foram os dois investigadores que mais contribuíram, no início dos anos 60, para consolidar a ciência cognitiva, ao criarem em Harvard o Centro de Estudos Cognitivos. Por ele passaram muitos investigadores interessados neste novo domínio do saber. Poderíamos dizer talvez que este Centro representou para a ciência cognitiva o mesmo que a criação por Wundt do 1º laboratório de psicologia experimental em Leipzig, no ano de 1879, para o desenvolvimento da psicologia científica.

Durante a década de 60 muitos livros e publicações divulgaram as ideias elaboradas neste centro e noutros locais de investigação que entretanto se foram criando. Entre as obras publicadas que mais impacto tiveram na psicologia e mesmo noutros domínios que estudavam a cognição, destaca-se o livro de G. Miller, K. Pribram e E. Galanter *“Planos e a Estrutura do Comportamento”* (1960). Os seus autores contestam a concepção *behaviorista* do comportamento humano e adoptam uma abordagem cibernética em termos de acções, *feedback*, reajustamentos das acções em função desta informação retroactiva, etc. Fazem ainda uma analogia entre o modo como os computadores funcionam e o modo como funciona e é regulado o comportamento humano. Por exemplo, tal como nos computadores, as acções humanas seriam reguladas por planos (processos organizados hierarquicamente), imagens (o conhecimento que se tem do mundo) e

objectivos (*goals*). O estudo da actividade mental, neste caso dos processos cognitivos, volta a ser o objecto de estudo da psicologia (o que tinha sido interrompido pela corrente *behaviorista*, que se afirmara entre as duas grandes guerras).

Este novo modo de pensar tornou-se evidente alguns anos mais tarde quando começaram a surgir vários livros de psicologia cognitiva. Segundo Gardner (1985) o mais influente de todos foi "*Cognitive Psychology*" (1967), de Ulric Neisser.

Foi também no final da década de 60 que Herbert Simon, um apologeta do poder da simulação dos processos cognitivos em computador, publicou o seu famoso e influente livro "*As Ciências do Artificial*", onde formula a ideia que quer o computador quer a mente humana podem ser concebidos como 'sistemas simbólicos', isto é, entidades físicas que processam, transformam, elaboram e manipulam símbolos de vários tipos. É o que actualmente se designa por Inteligência Artificial Simbólica ou IA clássica, para a distinguir de outros modelos e teorias sobre o funcionamento da actividade cognitiva e modos de a replicar ou simular em máquinas. Os sistemas da IA clássica são geralmente desenhados e programados mais do que treinados, isto é, capazes de aprender, ou capazes de evoluir. Tendem a ser proposicionais, ou seja, baseados em regras ou noutra estrutura de dados (*data structure*), expressa numa linguagem de programação. Estes sistemas são geralmente implementados nos computadores seriais, ou máquinas de von Neumann, actualmente muito vulgarizados. Contudo, esta dependência da computação serial será cada vez menor devido ao desenvolvimento de processadores em paralelo (Franklin, 1995, p. 12).

Nos anos 70 proliferaram as iniciativas, os projectos de investigação e as publicações neste novo domínio científico. Funda-se a revista "*Cognitive Science*", cujo primeiro número saiu em Janeiro de 1977. Dois anos mais tarde é criada uma sociedade com o mesmo nome.

A partir desta data, a ciência cognitiva (ou ciências cognitivas), revela-se uma das áreas mais vivas e promissoras da investigação científica. Alguns autores chegam mesmo a dizer que se o século XIX e a primeira metade do século XX

foram os do apogeu da física, o séc. XX o do desenvolvimento da biologia, o séc. XXI será o do estudo científico do cérebro e da actividade mental.

Entretanto, novos paradigmas (re)surgiram nas décadas de 80 e 90, em contraponto ao paradigma cognitivista clássico: o paradigma conexionista e o paradigma enactivo ou de acção corporizada (*embodied action*).

## A gestação da ciência cognitiva

Mas até as mutações científicas, têm um maior ou menor período de discreta gestação.

Foi, com efeito, durante a segunda guerra mundial e nos primeiros anos que se lhe seguiram que muitas das ideias que frutificaram nas décadas seguintes se começaram a esboçar. (Embora Gardner considere que as origens da actual ciência cognitiva remontem aos antigos filósofos e matemáticos gregos). Trata-se de um período muito fecundo em termos de enquadramento dos problemas que necessitavam de ser resolvidos e para os quais contribuíram muitos dos cientistas que são considerados como os avós da ciência cognitiva.

Segundo Gardner (1985) a conferência sobre "*Cerebral Mechanisms in Behavior*", que teve lugar em Setembro de 1948 no campus do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e que juntou um grupo de eminentes cientistas, provenientes de várias disciplinas, foi um marco fundador na discussão e construção dos alicerces da ciência cognitiva. Nela estiveram presentes o matemático, pai do computador digital, John von Neumann, o matemático e neurofisiologista Warren McCulloch e o psicólogo Karl Lashley.

Na sua comunicação, Von Neuman estabeleceu a comparação entre o funcionamento do computador electrónico e o funcionamento do cérebro, que tanta influência teve mais tarde na edificação dos modelos computacionais da mente. McCulloch, na mesma linha, caracterizou o modo como o cérebro processa a informação e estabeleceu um paralelo entre o funcionamento do sistema nervoso e os "dispositivos lógicos" com o objectivo de clarificar o modo como percebemos o

mundo (o que viria a ter uma forte influência nos modelos connexionistas). Lashley, psicólogo de formação, fez uma comunicação, "*The Problem of Serial Order in Behavior*", considerada a mais memorável e iconoclasta de todas as apresentadas. Questionou as análises *behavioristas*, que dominaram a psicologia norte-americana entre as duas guerras, sobretudo no que respeita às competências especializadas como tocar piano, jogar ténis e aprender a falar. Não só fez tremer o *behaviorismo* como (re)lançou novos percursos de investigação, centrados no estudo científico da mente. O comportamento humano é altamente organizado, considerou ele, e regulado por planos hierarquizados, que emanam mais do interior do organismo (da actividade mental) do que da imposição de contingências ambientais, como o pretendiam os *behavioristas*. Segundo Johnson-Laird (1994), Lashley foi um dos psicólogos que mais contribuiu para desmontar o *behaviorismo* e para instaurar de novo o estudo da actividade mental na psicologia.

Foi ainda durante os anos 40 que Robert Wiener, "um matemático prodigioso" (Gardner, 1985, p. 19), ao trabalhar nos servomecanismos (dispositivos que controlam a artilharia anti-aérea, guiam mísseis e aviões em movimento) começou a pensar na natureza do feedback e dos sistemas que se auto-corrigem e auto-regulam, sejam eles mecânicos ou humanos. Wiener interessou-se ainda pelos trabalhos que estavam a ser desenvolvidos pelo neurofisiologista McCulloch e pelo lógico Pitts e pelo desenvolvimento do computador. Fundou uma nova ciência, a Cibernética, ciência do controlo e da comunicação, quer seja feita por máquinas quer por animais, cujas principais ideias foram traduzidas no livro "*Cibernética*", publicado em 1948.

Não poderíamos deixar de referir também o trabalho de Claude Shannon, engenheiro electrónico, que formulou, nos finais dos anos 30 e durante a década de 40, a sua famosa teoria da informação, aplicando os princípios da lógica em termos de proposições "verdadeiras" ou "falsas" (baseando-se nas ideias do matemático G. Boole e do lógico G. Frege, dos finais do séc. XIX) aos mecanismos electromecânicos (aberto 'on' ou fechado 'off') e considerou que a informação poderia ser separada do conteúdo específico que veícula sendo apenas vista como uma decisão entre duas alternativas igualmente plausíveis. A unidade básica da

informação é o *bit* (diminutivo de '*binary digit*'), i.e., a quantidade de informação necessária para seleccionar uma mensagem entre duas alternativas igualmente prováveis. Vemos que as ideias de Shannon tiveram uma grande influência na constituição da ciência cognitiva em particular na psicologia cognitiva do processamento da informação, nomeadamente na preocupação em descrever os mecanismos subjacentes ao processamento de qualquer tipo de informação, independentemente do seu conteúdo.

Outra ciência que se começou a desenvolver durante a segunda guerra mundial foi a neuropsicologia, sobretudo devido ao estudo possibilitado pelos pacientes com lesões cerebrais.

Pode, pois, dizer-se com Miller (1983), Gardner (1985) e Weizenbaum (1996), que foi durante os anos imediatamente anteriores e posteriores à 2ª guerra mundial, e durante esta, que as principais ideias da ciência cognitiva germinaram.

## **Os paradigmas da mente**

Na actualidade existem três paradigmas sobre a mente, que foram esquematizados por Varela et al. (1991), de um modo simples e esclarecedor: são colocadas questões básicas sobre a natureza da mente e dadas respostas de acordo com os pressupostos de cada paradigma. Temos assim:

### Respostas cognitivistas

*Questão 1:* O que é a cognição?

*Resposta:* Processamento da informação como computação simbólica — manipulação de símbolos com base em regras explícitas.

*Questão 2:* Como funciona?

*Resposta:* Através de qualquer mecanismo que possa sustentar e manipular elementos funcionais discretos—os símbolos. O sistema interage somente com a forma dos símbolos (os seus atributos físicos), e não com o seu significado.



*Questão 3:* Como é que sei quando um sistema cognitivo está a funcionar adequadamente?

*Resposta:* Quando os símbolos representam adequadamente algum aspecto do mundo real, e a informação processada conduz a uma solução 'com sucesso' do problema colocado ao sistema.

### Respostas conexionistas

*Questão 1:* O que é a cognição?

*Resposta:* O resultado emergente de estados globais numa rede de componentes simples.

*Questão 2:* Como funciona?

*Resposta:* Através de regras locais para operações individuais e regras para mudanças na conectividade entre os elementos.

*Questão 3:* Como é que sei quando um sistema cognitivo está a funcionar adequadamente?

*Resposta:* Quando as propriedades emergentes (e a estrutura resultante) podem ser vistas como correspondendo a uma capacidade cognitiva específica — uma solução 'com sucesso' para uma tarefa requerida.

### Respostas Enactivas (Enactive)

*Questão 1:* O que é a cognição?

*Resposta:* Acção interpretativa (Enaction): uma história de 'ligações' estruturais que dá origem a um mundo.

*Questão 2:* Como funciona?

*Resposta:* Através de uma rede que consiste em múltiplos níveis de sub redes sensório-motoras interconectadas.

*Questão 3:* Como é que sei quando um sistema cognitivo está a funcionar adequadamente?

*Resposta: Quando se torna parte de um mundo que existe (como os elementos jovens de cada espécie o fazem) ou modela um novo (como acontece na história da evolução 'das espécies e do homem').*

Como cada concepção adopta respostas diferentes para as mesmas questões básicas, as investigações experimentais e as simulações computacionais de cada paradigma são orientadas por modelos e metodologias diferentes.

## **Paradigma cognitivista<sup>5</sup>**

*"A visão é antes de mais nada uma tarefa de processamento de informação, mas não podemos pensar nela só como um processo. Pois se somos capazes de saber onde estão as coisas no mundo, o nosso cérebro precisa de qualquer modo de ser capaz de representar essa informação – em toda a sua profusão de cor, forma, beleza, movimento e pormenor ( ... )*

*(...) Esta dualidade – a representação e o processamento da informação – está no centro da maioria das tarefas de processamento de informação ...*

*(...) Num certo sentido o cérebro é um computador ... mas é um computador que tem por hábito realizar algumas computações muito particulares".*

David Marr, 1982

Este foi o paradigma fundador da ciência cognitiva e que continua a orientar os trabalhos na inteligência artificial simbólica e na ciência cognitiva tradicional como, por exemplo, a psicologia do processamento da informação. Adopta um modelo computacional da mente. A mente pode ser comparada a uma máquina virtual do tipo von Neumann, que 'corre' em mecanismos neurais subjacentes ou em portas lógicas fabricadas de sílica. A mente é vista como um mecanismo que constrói e manipula representações simbólicas de objectos, conceitos, cenas – "scripts" (Shanck e Abelson, 1977), "frames" (Minsky, 1975), etc. Para além das

explicações e níveis da física e da neurobiologia, o cognitivismo pensa, no entanto, que existe um nível simbólico distinto e irreduzível na explicação da cognição.

Esta concepção da mente como um processador simbólico de informação foi criticada por diversos autores, entre eles, o filósofo da mente, Searle, que considera que a manipulação de símbolos abstractos nunca pode produzir inteligência. A inteligência não é puramente sintáctica, tem um conteúdo significativo, isto é, intenções, que se relacionam com estados internos e externos ao organismo. Para provar esta tese concebeu o seu já famoso experimento "a Sala Chinesa". Searle pensa mesmo que este nível intermédio de explicação não é necessário: *"Mas, além do nível da neurofisiologia e do nível da intencionalidade, não precisamos de supor que ainda existe outro nível; um nível de processos computacionais digitais. E não existe mal algum em considerarmos o nível dos estados mentais e o nível da neurofisiologia como processamento de informação, contanto que não façamos a confusão de supor que a forma psicológica efectiva do processamento de informação é análoga à da 'como se'" (1987, p. 68).*

Outras das críticas a este paradigma é a de que ele nunca pode explicar a consciência, pelo menos a consciência na primeira pessoa<sup>6</sup>, ou experiência subjectiva. Dreyfus (1987, 1988) um filósofo da mente de orientação fenomenológica, pensa que o cognitivismo nunca pode explicar e simular o 'conhecimento comum' e o raciocínio, pois estes dependem de um 'background' de compreensão baseado no reconhecimento de padrões e não em regras sintácticas. Dennett (1991), outro filósofo da mente, mas que é optimista face ao desenvolvimento da IA, diz que a consciência e as intenções surgem em qualquer sistema, seja ele natural ou artificial, a partir de um certo grau de complexidade. Já Penrose (1989, 1994), matemático e físico, diz que os computadores nunca podem ter consciência, pois operam de modo algorítmico. Embora os cérebros também façam processamento algorítmico, este é, na maioria das vezes, inconsciente. A consciência implica ajuizar, i.e., fazer juízos, que não podem ser realizados algoritmicamente.

Às realizações e argumentos dos defensores do cognitivismo clássico e aos argumentos de contra-ataque dos seus críticos, Franklin (1995) chama "o primeiro debate da IA".

Mas quais foram e são as realizações do cognitivismo clássico?

Um conjunto de ideias, de teorias, de modelos e simulações computacionais, onde as representações mentais e as matemáticas dos computadores (a teoria da calculabilidade iniciada por A Turing) foram determinantes.

Representativos deste paradigma são as investigações de G. Miller (1956) sobre a capacidade limitada da memória a curto prazo processar informação, a teoria de Broadbent (1958) sobre a circulação da informação entre os órgãos dos sentidos e as memórias a curto e longo prazo, os trabalhos de Bruner sobre a formação de conceitos e as estratégias cognitivas (1956) e as simulações computacionais do raciocínio humano na resolução de problemas, iniciada por Newell e Simon, no Great Problem Solver – GPS (1972), baseada nos sistemas de produção<sup>7</sup>. Mais recentemente temos as investigações e simulações computacionais de D. Marr (1982) sobre a percepção visual, a teoria dos modelos mentais de Johnson- Laird (1983) e a teoria cognitiva da consciência de B. Baars<sup>8</sup> (1988), só para citar alguns exemplos.

Mas porque é que os computadores foram e ainda são importantes no desenvolvimento da ciência cognitiva e que relação estabelecer entre o modo como os computadores efectuam os cálculos e o modo como o espírito humano o faz?

Johnson Laird, um psicólogo de orientação cognitivista, dá-nos uma resposta interessante. Diz ele: *“As teorias do espírito não deveriam aceitar, sem a pôr continuamente em questão, a ideia que o seu conteúdo é obscuro. Pode ser útil exprimi-lo sobre uma forma calculável, porque as matemáticas dos computadores foram elaboradas e ‘afinadas’, no sua origem, para investigar o que podíamos calcular a partir de princípios inteiramente transparentes. A teoria da calculabilidade é simples ... o cálculo simbólico repousa sobre um pequeno número de componentes intuitivas que podem ser facilmente concretizadas em dispositivos físicos como os computadores”* (1994, p. 43).

O poder do cálculo de um computador depende mais da sua capacidade de memória e modo de acesso a essa memória (aquilo que é capaz de fazer), do que da velocidade ou eficácia dos cálculos. Foi precisamente ao combinar um autómato finito (finite state machine) e uma fita de gravação ilimitada que A. Turing obteve o dispositivo de cálculo mais potente até hoje inventado, a chamada “máquina de

Turing". As entradas (inputs) e saídas (outputs) de dados nesta máquina estão reduzidas a um "alfabeto" mínimo, composto apenas por dois símbolos: 0 e 1. Este sistema binário simbólico é a linguagem dos computadores ou "linguagem máquina". Estes dois símbolos não são números mas numerais que podem ser interpretados como representando números ou outras coisas como, por exemplo, texto, cenas visuais ou sons. É este o grande poder dos computadores, i.e., transformar vários tipos de símbolos em linguagem binária e vice-versa. Actualmente introduzimos dados com ajuda de um teclado que converte cada carácter num número binário. De igual modo, os numerais produzidos pelo computador são convertidos em caracteres antes de aperecerem no ecrã ou serem imprimidos no papel. O computador manipula símbolos, transformando-os ou fabricando novos símbolos a partir deles e estas operações internas são também comandadas por símbolos. O poder de cálculo de um computador pode ser aumentado através da relação que se estabelece entre a linguagem máquina (símbolos primitivos) e as gramáticas (linguagens de programação).

De igual modo o poder do alfabeto (23 símbolos) reside na suas imensas possibilidades de combinação, através de regras que definem as combinações aceitáveis, a gramática. *"Uma gramática é, para um dado domínio de símbolos (ou uma linguagem) um conjunto de regras relativas que caracterizam todas as construções correctas e fornecem uma descrição da sua estrutura"* (Johnson-Laird, 1994, p. 51).

Mas as gramáticas, deste modo definidas, estão intimamente ligadas aos programas que as executam (como o afirmou pela primeira vez Noam Chomsky, em 1956), pois existe uma relação de ordem geral entre programas e gramáticas. Como refere Laird: *"O resultado de um programa pode estar contido numa gramática, mas esta, considerada em si-mesma, não pode fazer nada. Pelo contrário, os programas podem fazer coisas. Podem utilizar uma gramática para produzir cadeias de símbolos ou um esquema arborescente que analisa os símbolos segundo a gramática."* (1994, p. 54).

Actualmente existem quatro tipos fundamentais de linguagens de programação (ou gramáticas) que permitem construir programas que são executados pelo computador: as linguagens procedimentais ou imperativas, as funcionais, as relacionais ou declarativas e as orientadas por objectos.

Será que a mente funciona por cálculos? Ninguém pode ainda responder de modo conclusivo. Os cognitivistas clássicos pensam que sim e muitos cientistas que adoptam outros paradigmas da cognição visam simular ou mesmo construir mecanismos da mente artificiais que se baseiam na teoria da calculabilidade. Esta abordagem só será considerada implausível quando existirem operações realizadas pela mente que não possam ser apreendidas por nenhum tipo de computador. Convém, no entanto, não confundir as teorias sobre a mente com a própria mente. Do mesmo modo, convém não confundir a palavra Lisboa com a cidade Lisboa ou as teorias meteorológicas com a chuva ou o bom tempo, como nos alertam Block (1991) e Johson-Laird (1994). *"A teoria da calculabilidade é um aparelho conceptual adaptado às teorias da mente"* (Laird, 1994, p. 57). Existem programas de computador que são capazes de reconhecer caras, raciocionar por dedução, criar ideias novas, adquirir competências, etc. Temos é que saber explicar clara e explicitamente o modo como as pessoas ou mesmo animais executam determinadas tarefas. Existem muitas facetas do comportamento e da actividade mental modelisáveis em computador. Talvez outras não o sejam e nunca o venham a ser. Não o sabemos. Contudo, como refere Laird, a lição do cognitivismo é a de que muitas facetas da mente são materializáveis e podem, por isso, ser postas à prova dos factos. Têm muito pouco de intuitivo e de hipótese implícitas.

## **O paradigma conexionista<sup>8</sup>**

O paradigma conexionista utiliza uma metáfora cerebral da mente.

Os processos mentais como reconhecer padrões, construir categorias, etc., emergiriam de um conjunto de componentes interconectadas (*neural networks*), por analogia com o modo como o nosso sistema nervoso funciona. Os estados globais emergentes são, nesta concepção, padrões de actividade dos diferentes componentes do sistema. São sistemas capazes de aprender e a elaboração do sentido reside mais nas propriedades que emergem do que na manipulação de símbolos. Usam a estatística e o cálculo de probabilidades e não o cálculo

simbólico. Daí que Franklin (1995) designe este paradigma por IA sub-simbólica ou ainda por redes neurais artificiais (*artificial neural networks*) e que é mais globalmente conhecido como processamento distribuído paralelo (*parallel distributed processing*).

A ideia básica deste paradigma foi formulado por Rumelhart e al. (1986) do seguinte modo “Na ideia do processamento distribuído paralelo ... a inteligência emerge a partir da interação de um grande número de unidades simples de processamento” (p. ix).

Assim como o cognitivismo utiliza uma metáfora computacional da mente, o connexionismo usa, como já referimos, uma metáfora cerebral do espírito, i.e., a mente funciona como o nosso cérebro. Um modelo connexionista deve ser, para certos autores (ver Chapman, 1991), como o cérebro: um conjunto enorme de unidades e interconexões similares aos neurónios e sinapses. Isto significa que os modelos connexionistas são compostos por muitas unidades, que estão interconectadas, cada uma produzindo computações relativamente simples e baseadas fundamentalmente na informação que recebem localmente (representações locais). A ideia essencial dos modelos connexionista foi concebida nos anos 40 por McCulloch & Pitts (1943), e primeiramente simulada em computador por Rosenblatt com o denominado ‘Perceptron’ (que era um mecanismo artificial composto por uma grelha de quatrocentas foto-células - ‘*photocells*’, correspondentes aos neurónios da retina, capazes de reconhecer letras e outros padrões colocados em frente dos seus ‘olhos’). Este trabalho pioneiro ficou adormecido durante cerca de duas décadas, em parte devido às fortes críticas tecidas por Minsky e Papert (1968). Só no início dos anos 80 é que os modelos connexionistas voltaram a adquirir um lugar de destaque na ciência cognitiva, sobretudo com os trabalhos de McClelland & Rumelhart (1981, 1982, 1986).

Contudo, e embora utilizando uma metáfora cerebral da mente, os modelos connexionistas estão longe de simular o modo como realmente funciona o cérebro. Daí que os connexionistas estejam muito atentos aos resultados das investigações realizadas nas neurociências, nomeadamente na neurofisiologia e na neuroanatomia. O inverso não é tão verdadeiro. Os investigadores biológicos do cérebro nem sempre prestam atenção ao que fazem os connexionistas. Consideram

os seus modelos simplificações do funcionamento cerebral. Contudo, como refere Clark, estes modelos permitiram uma maior aproximação, pelo menos ao nível do vocabulário, entre as várias ciências da mente (1997, p. 54).

Os modelos conexionistas foram também contestados por autores provenientes de disciplinas diferentes, mas todos envolvidos no estudo da mente ou atentos ao desenvolvimento da ciência cognitiva. Contrariamente às críticas tecidas ao cognitivismo, sobretudo às realizações da IA simbólica, todas elas provenientes de investigadores exteriores ao próprio domínio, as críticas ao paradigma conexionista surgiram também dos investigadores da IA simbólica.

Os debates foram longos e acessos entre os defensores do cognitivismo (e da IA simbólica) e os defensores do conexionismo (e da IA sub-simbólica). Fodor (1988), um filósofo da mente, considerado por Gardner (1985) como "o puro cognitivista", atacou fortemente os conexionistas, sobretudo porque os seus modelos processam a informação por meio de associações estatísticas não sendo, por isso, sensíveis à estrutura. Ora o que caracteriza o pensamento, segundo ele, é a sua estrutura compósita ou composicionalidade. Por exemplo, as palavras são compostas para formar frases, as frases para formar parágrafos, etc. Em termos lógicos, constantes, predicados, operadores e quantificadores associam-se para formar novas proposições. Logo, os pensamentos podem ser expressos de modo linguístico, lógico ou de outra qualquer forma mas devem poder associar-se ou, nas palavras de Fodor "*can be composed*" para formar novos pensamentos. A composicionalidade é a principal característica do pensamento. Os processos cognitivos são sensíveis à estrutura dos pensamentos que processam. Os sistemas da IA simbólica representam entidades de um modo compósito e processam essas entidades de um modo sensível à estrutura. Putman (1996) outro filósofo cognitivista, coloca também reticências às ideias conexionistas, pois considera que elas estão a fazer renascer o associacionismo.



Apesar destas críticas, alguns autores pensam que não existe contradição entre os modelos conexionistas (sistemas de redes neurais) e os modelos de processamento simbólico (sistemas baseados em regras).

Por exemplo, Anderson (1983) considera que estas duas concepções da cognição nos remetem apenas para níveis de descrição diferentes, pois dizer que são concepções contraditórias é não ver a floresta a partir das árvores que a compõem. *"O facto de um programa computacional escrito numa dada linguagem de programação de alto nível ser compilado no código da máquina, que executa o programa, não nos deve fazer esquecer que este deriva da linguagem de alto nível. Assim sendo, como ambas as linguagens computacionais existem, existem também regras cognitivas e neurónios"* (p. 35).

Talvez, os sistemas conexionistas representem a micro-estrutura da cognição e os sistemas baseados em regras a sua macro-estrutura. Ou então, como sugerem certos autores (por exemplo, Anderson, 1983) é possível que os sistemas conexionistas se adaptem melhor aos processos cognitivos periféricos como, por exemplo o reconhecimento de palavras, que requerem pouca integração da informação a alto nível.

Actualmente, alguns autores (Potter, 1991; Franklin, 1995; entre outros) pensam que os sistemas conexionistas estão mais próximos do modo como o cérebro humano representa e processa a informação. Contudo, as suas realizações, isto é, resultados práticos são ainda bastante inferiores aos da IA simbólica. Como refere Clark (1997), os conexionistas ainda têm que demonstrar que os seus sistemas são capazes de lidar com problemas mais complexos, como a IA clássica ou simbólica o fez.

## **O paradigma enactivo (enactive)<sup>9</sup>**

*"Basta que eu veja qualquer coisa para saber ir ter com ela e alcançá-la, mesmo não sabendo como isso se faz nos mecanismos nervosos. O meu corpo móvel tem em*

*conta o mundo visível, faz parte dele, e é por isso que posso dirigi-lo no visível. Aliás é também verdade que a visão está suspensa no movimento. Só vemos o que olhámos (...)*

*(...) O mundo visível e o dos meus projectos motores são partes totais do mesmo Ser (...)*

*(...) Não vejo o espaço de acordo com o seu invólucro exterior, vivo-o por dentro, estou englobado nele. Afinal de contas, o mundo está à minha volta, não à minha frente".*

Merleau-Ponty, 1964.

Este é o paradigma mais afastada das concepções a que estamos habituados. De modo geral, como os dois paradigmas anteriores o sugerem, um mais explicitamente do que outro, as nossas mentes processam informação que recebemos do exterior através dos órgãos dos sentidos. Esta informação é codificada, isto é, transformada, pois nós não 'vemos' o mundo tal e qual. O paradigma enactivo postula que as nossas mentes criam a informação para seu próprio uso. Criar não é o mesmo que tratar a informação. É construir em interacção com o meio. É uma especificação mútua, que nos leva a negociar com o exterior (o mundo lá fora) e o interior (o mundo cá dentro).

Para elucidar este problema, Franklin (1995), levanta uma questão aparentemente simples: o que surge primeiro, o mundo ou a nossa experiência do mundo? Dentro da perspectiva realista que a ciência pressupõe, existe um mundo antes de eu o poder experienciar. Mas como Varela et al. (1991) referem, tecendo uma analogia: quando seguimos o voo de um pássaro, o que surge primeiro, o movimento dos olhos ou o registo de uma imagem? Cada um especifica o outro, a imagem diz-nos para onde olhar e a acção de olhar especifica que imagem ver. Daí que uma das ideias básicas do paradigma enactivo seja: "*Percepção e acção, sensorium e motorium, estão intimamente ligados como padrões selectivos mútuos e sucessivamente emergentes*" (p. 163).

O paradigma enactivo concebe o organismo ou mesmo um agente artificial e o seu mundo especificando-se um ao outro. Não referem o "mundo" mas o "seu mundo".

Mas esta especificação mútua pode ser modificada se a estrutura construída – "*structural coupling*" (Maturana e Varela, 1990) for alterada. Exemplos destes são

dados nos doentes com lesões cerebrais. A nossa estrutura e o modo como ela se liga (casa) com o que está lá fora, determina o nosso mundo. Todos nós temos uma história de ligação com o nosso mundo. Mas como se desenvolve esta acção corporizada (*embodied action*)? Através de uma rede formada de muitos níveis de sub-redes sensório-motoras interligadas. Não existe um processador cognitivo central, mas uma multiplicidade de redes interligadas. É um modelo múltiplo da mente, não hierarquizado. O que o distingue dos modelos conexionistas? A não necessidade de possuir representações. Somos organismos ou agentes (que também podem ser artificiais—robots ou agentes autónomos) que nos vamos tomando parte do mundo que está a existir. Daí que Varela et al. (ibidem) falem da inteligência como “a capacidade de entrar num mundo partilhado de significação”. Estas teses têm ecos remotos da filosofia heideggeriana e da hermenêutica. Contudo, já deu origem a simulações artificiais que exibem comportamentos inteligentes. São os projectos da vida artificial (VA) e da robótica (*real world robotics*) ou robótica reactiva, como a designa Helder Coelho (1996). Representativas desta concepção são os trabalhos de Agre e Chapman (1987, 1988) e os seus agentes autónomos como Pengi; o trabalho de Brooks e a sua arquitectura de inclusão (*subsumption architecture*), arquitectura computacional que permite uma estreita conexão da percepção com a acção e que deu origem aos robots Allen e Herbert (segundo Franklin, 1995, em honra de Allen Newell e Herbert Simon, pais do primeiro mecanismo da IA, o GPS); os trabalhos de Maes, de Edelman e de Freeman. Como refere Clark (1997):

*“Alguns (...) dos fãs da teoria dos Sistemas Dinâmicos e da investigação dos agentes autónomos começaram a orientar-se em direcção à mais céptica opção — isto é, em direcção a uma completa rejeição dos fundamentos do processamento da informação que identifica estados internos específicos ou processos como representando papéis específicos em relação aos conteúdos. A tentação é então aprovar uma tese radical que pode ser sumariada do seguinte modo:*

*Thesis of Radical Embodied Cognition. As perspectivas estruturadas, simbólicas, representacionais e computacionais da cognição estão erradas. A cognição corporizada (Embodied cognition) é melhor estudada por meio de ideias não-computacionais e não*

*representacionais e esquemas explicativos que os implicam, isto é, as ferramentas da teoria dos Sistemas Dinâmicos.*

*Versões desta tese podem ser encontradas nos trabalhos recentes da psicologia do desenvolvimento de Thelen e Smith (1994) e Thelen (1995), no trabalho da robótica (real-world robotics) e teoria dos agentes autónomos de Smithers (1994) e Brooks (1991), nas abordagens filosóficas e cognitivistas de Maturana e Varela (1987), de Varela et al. (1991) e de Wheeler (1994) e em algumas abordagens neurocientíficas como as de Skarda e Freeman (1987). Tratamentos mais circunspectos mas que se orientam para o cepticismo àcerca da computação e da representação interna incluem Beer e Gallagher 1992, Beer 1995, van Gelder 1995, e vários ensaios de Porter e van Gelder 1995. Precedentes históricos para este cepticismo estão também em voga—ver especialmente Heidegger 1927, Merleau-Ponty 1942, e os trabalhos de Gibson 1979 e dos psicólogos ecológicos” (1997, p. 148).*

As teorias da aprendizagem situada (Lave, 1988; Lave e Wanger, 1991; Greeno, 1991), adoptam também esta perspectiva. Segundo de Corte (1994), a noção de que a aprendizagem e a cognição são situadas emergiu como uma reacção às teorias do processamento da informação, que consideram a aprendizagem e o pensamento como processos que têm lugar no cérebro e o conhecimento como representações de factos, conceitos, relações, processos, armazenados na cabeça, que podem ser activados e usados para resolver um problema ou realizar uma tarefa. Pelo contrário, os investigadores da abordagem situada, concebem a aprendizagem como uma participação progressiva em “comunidade de práticas” (Lave e Wanger, 1991) e o conhecimento é sobretudo distribuído, i.e., “espalhado, não dividido entre - mente, corpo, actividade e culturalmente organizado em determinados locais (que incluiu outros actores)” (Lave, 1988). Segundo De Corte (1994) esta “visão ambientalista” foi continuada por Greeno (1991), que considera a aprendizagem como o saber viver num ambiente, que incluiu o aprender a movimentar-nos, a utilizar os recursos disponíveis e saber como usá-los de modo a realizar tarefas e actividades com sucesso. Concepções que remontam ao psicólogo ecológico Gibson (1950, 1966, 1979). Aliás o conceito de “*affordance*”, retomado por estes investigadores mais recentes, foi introduzido por Gibson, para explicar o casamento entre percepção,

acção e mundo exterior. *Affordance* é o potencial de acção inerente nos objectos ou cenas, isto é, as actividades que um organismo pode realizar quando encontra uma entidade de um certo tipo. Por exemplo, os indivíduos lançam coisas que são apreensíveis e projectáveis, isto é, propiciam o arremesso (*afford grabbing*), 'devoram' coisas que são comestíveis, isto é, que propiciam ser comidas (*afford eating*) e acariciam coisas que inspiram afecto (*afford loving*). O significado de um objecto ou cena consiste nos recursos, possibilidades (*affordances*) que fornece ao organismo. Aparentemente a teoria de Gibson é simples e realista, pois o mundo lá fora e o mundo cá dentro contêm as coisas e a informação que precisamos para viver. O mundo lá fora não precisa de ser construído ou deduzido, mas tão só de ser descoberto. Mas aqui é que está o problema. Como o fazemos? As teorias do processamento da informação dizem e mostram que o encontrar dessas invariantes lá fora só pode ser feito com recurso a modelos, esquemas organizativos, inferências, crenças, i.e., formas de representação mental. Gibson diz que não é necessário recorrer a estes conceitos. Os organismos vivos não fazem esforço mental para perceber e agir no mundo. A maioria da nossa actividade cognitiva, embora misteriosa, faz-se sem esforço. Talvez só a actividade deliberadamente consciente seja representacional. Como refere Woody Allen, em noventa por cento da nossa vida limitamo-nos simplesmente a existir ou a "estar aqui" (*being there*). Isto mostra a imensa capacidade adaptativa da nossa espécie. Apesar desta simples constatação, trata-se do maior problema que a actual ciência cognitiva tenta desvendar.

## Reflexões finais

Sentimos que só levemente abordámos os complexos problemas que hoje se colocam ao estudo científico da mente. Talvez quem acabe de ler este capítulo, sinta que era desnecessário, numa tese focada sobretudo na parte empírica. Outros pensarão que a formação da autora não lhe permitia incursões teóricas em áreas que não domina. Concordamos, em parte, com estas possíveis críticas. Ao longo da

elaboração desta tese, fomos conduzidos por veredas que, aparentemente, nos desviaram do objectivo central. Mas não foi tempo perdido. A leitura, observação e reflexão que provocaram puseram-nos em contacto com um mundo de ideias e de investigações onde foi possível encontrar fundamentos para o trabalho empírico.

Temos consciência que abordámos 'pela rama' os principais problemas, resultados das investigações, teorias e paradigmas sobre o estudo científico da actividade mental, sobretudo no que respeita à nova concepção da mente como 'engenho' de cognição distribuída. Sabemos ainda que podem existir algumas incorrecções na sistematização que tentámos fazer. Não se tratou de um trabalho fácil. Foi, contudo, estimulante.

O que a actual ciência cognitiva nos mostra é que é possível materializar processos mentais. Os computadores cognitivos são dispositivos que simulam actividades mentais. O que importa não é tanto a sua base material, o aspecto concreto de um dado computador mas os processos que por ele são levados a cabo. Existem programas de computador que reconhecem caras, raciocinam por analogia, reconhecem a fala; existem robots que se movimentam no espaço, reconhecem objectos, etc. Tudo actividades a que não hesitaríamos em atribuir a designação de inteligentes se fossem realizadas por seres humanos, vendo nelas o rasgo reconhecível mas nem sempre definível da inteligência.

Como referimos no início, a IA só progride quando tem em conta os resultados das outras ciências cognitivas; o inverso é igualmente verdadeiro. É este casamento, nem sempre harmonioso e sujeito a conflitualidades várias, que tem feito avançar o nosso conhecimento científico sobre a actividade mental.

Os computadores, além de meios de investigação, são sobretudo conhecidos pelas suas aplicações práticas. É de umas delas que iremos falar nos três capítulos teóricos que se seguem e que mais directamente se relacionam com o objecto do nosso trabalho empírico: os computadores e a educação.

## Notas

1 Ver a excelente análise feita por Francis Crick (1990, 1995) ao reducionismo praticado na ciência. Nas suas próprias palavras: 'Além do mais, o reducionismo é o principal método teórico que guiou o desenvolvimento da física, da química e da biologia molecular. É ele o principal responsável dos desenvolvimentos da ciência moderna' (1995, p. 10).

2 Actualmente, como referem Franklin (1995) e Clark (1997), alguns investigadores da mente, provenientes sobretudo do campo da robótica, põem mesmo em causa o próprio conceito de representação para explicar certos mecanismos da mente: 'as representações não são necessárias» ou pelo menos "são necessárias apenas de um modo mínimo" (Franklin, 1995, p.391). Para este autor a não necessidade de usar o termo representação para explicar o funcionamento da actividade mental é o aspecto central do terceiro debate da inteligência artificial.

Contudo, o termo 'representação' tem uma pluralidade de sentidos.

Para Searle (1995), filósofo da mente, 'não existe provavelmente termo mais abusivamente utilizado na história da filosofia do que o de 'representação' (p.11) e a utilização que este autor faz deste termo difere quer do seu uso na filosofia tradicional quer na psicologia cognitiva contemporânea e na inteligência artificial (cf. Searle, *Intentionality*, 1995, nomeadamente capítulo I).

De um modo genérico podemos dizer que para os psicólogos cognitivistas o termo "representação" significa no mínimo construir "imagens internas" de objectos, acções, acontecimentos (por meio de figuras/imagens, mapas mentais, proposições ou outros símbolos), estabelecer relações entre objectos, factos, acontecimentos, ideias/conceitos e no máximo trabalhar com modelos.

3 Como refere Boden (1988), os psicólogos "computacionais" adoptam uma abordagem funcionalista da mente, na qual os estados mentais são abstractamente definidos em termos do seu papel causal (em relação a outros estados mentais e comportamentos observáveis). O funcionalismo, ligado ao estudo da mente, é uma filosofia nascida em meados do século XX, na qual a mente é concebida em termos das propriedades computacionais das máquinas universais de Turing. Considera-se cada fenómeno mental (ou pelo menos todos os fenómenos com a potencialidade de ser explicados cientificamente) como sendo gerado por um procedimento efectivo, i.e., conjuntos de instruções especificados com precisão e que definem a sucessão dos estados mentais no 'cérebro'. Visto que a ciência da computação é o estudo dos procedimentos efectivos, a psicologia computacional leva muito a sério os conceitos computacionais. Os psicólogos "computacionais" concebem ainda a mente como um sistema representacional e vêem a psicologia como o estudo dos vários processos computacionais pelos quais as representações são construídas, organizadas, interpretadas e transformadas. Utilizam uma terminologia intencionalista, isto é, pensam que muitos fenómenos mentais têm um significado ou conteúdo semântico, são dirigidos para objectos (reais ou imaginários) fora da mente. Pensam ainda nas neurociências sob o ponto de vista computacional,

quer dizer, perguntam que espécies de operações lógicas ou relações funcionais podem ser 'incorporadas' nas redes neurais. O que interessa é o que a mente faz (processos) e não como o faz (o seu suporte físico) .

4 Desde o seu nascimento em 1956, a denominada Inteligência Artificial (IA) tem-se desenvolvido em torno de duas vertentes. A vertente forte (*hard*) que defende que a IA deve recorrer a métodos que os seres humanos utilizam na resolução de problemas (modelo isomórfico, onde se replicam exactamente os processos cognitivos de um perito, tal como se sabe e pensa que eles são, ou seja, se replica o modo como pensamos). E a vertente fraca (*soft*), que defende que a IA deve preocupar-se não com o modo como realmente pensamos, mas como devemos pensar (adota um modelo paramórfico, onde se imita o comportamento dos peritos, sem qualquer preocupação directa em saber se o comportamento interno do sistema artificial é realizado ou não da mesma maneira pelo perito — via da caixa negra (Helder Coelho, 1995). Os termos de IA fraca e IA forte foram introduzidos por Searl.

5 Uma análise abrangente do paradigma cognitivista encontra-se no livro de Johnson-Laird (1994). *"L'Ordinateur et l'Esprit"*. Paris: Editions Odile Jacob, p. 472 (tradução do original em língua inglesa de 1988). Numa abordagem mais eclética, que incluiu artigos fundadores da ciência cognitiva, diálogos cheios de humor ..., temos o livro organizado por Hofstadter, D. e Dennett, D. (1986). *The "Mind's I. Fantasies and Reflections on Self and Soul"*. Great Britain: Penguin Books, p. 501. Ainda dentro das abordagens genéricas temos os três volumes "An Invitation to Cognitive Science: Osherson, D. e Lasnik, H. (1990). *"Language: An Invitation to Cognitive Science, Vol. 1"*, Osherson, D.; Kosslyn, S. e Hollerbach, M. (1990). *"Visual Cognition and Action: An Invitation to Cognitive Science"*, Vol. 2; e Osherson, D. (1991). *"Thinking: An Invitation to Cognitive Science"*, Vol. 3. Cambridge, Mass.: MIT Press. Nas abordagens circunscritas salientamos o livro de David Marr (1982). *"Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information"*. New York: Freeman and Company.

6 Consciência na primeira pessoa, que incluiu o problema do *sensory qualia*, do conteúdo mental e da experiência subjectiva (ver Chalmers, 1991). Contudo, Chalmers (1991), filósofo da mente, fala de consciência de dois modos diferentes: a abordagem na terceira pessoa, que considera a consciência como um problema científico, logo sujeito aos métodos utilizados na ciência (psicologia, neurociência e inteligência artificial) e a consciência na primeira pessoa que é pouco premeável a uma abordagem científica, tratando-se mais de uma questão metafísica.

7 Os sistemas de produção são meios de edificar teorias da aprendizagem, da representação e da memória, que têm o poder ilimitado de uma máquina universal de Turing (Laird, 1994; Franklin, 1995). Conseguem adaptar-se a todo o conjunto coerente de resultados experimentais, como o



mostram os sistemas: GPS de Newell & Simon (1972), ACT\* de Anderson (1983) e mais recentemente o SOAR de Newell et al. (1990). O que têm de comum estes sistemas? Sem dúvida, como refere Laird (1994) três princípios essenciais: *primeiro*, são teorias unitárias e não modularistas da mente e, por isso, optaram por uma arquitectura unitária da cognição; *segundo*, pretendem que os processos que comandam a realização de tarefas mentais devem ser relativamente simples (o conteúdo da memória de trabalho desencadeia os procedimentos da(s) memória(s) a longo prazo, as quais podem por sua vez guiar a selecção da produção seguinte devido aos seus efeitos na memória de trabalho; *terceiro*, supõem que os processos que regem a aprendizagem e o funcionamento da memória repousam em regras simbólicas.

A concepção de planificação operacionalizada por Newell e Simon no GPS e a distinção e relação entre conhecimento declarativo e procedural (e aprendizagem deste último), introduzido por Anderson no ACT\*, foram-nos muito úteis para a elaboração do trabalho empírico.

A alternativa mais comum aos sistemas de produção para simular a inteligência geral são as arquitecturas de esquema (*schema architectures* ou *schema systems*). Existem várias arquitecturas de esquema. As mais representativas são, segundo Anderson (1983), as de Bobrow & Winograd, 1977; Minsky, 1975; Rumelhart & Ortony, 1976; e Schank & Abelson, 1977.

8 Uma descrição rigorosa e acessível do paradigma conexionista é feita por Stan Franklin (1995). *"Artificial Minds"*. Cambridge, Mass: MIT Press, capítulos 6 e 7 (pp. 121-164). Uma análise mais condensada encontra-se no livro de Johnson-Laird (1988). *"The Computer and the Mind"*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, capítulo 10, reeditado em 1993 e traduzido em língua francesa em 1994. O livro de Andy Clark (1997). *"Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again"*. Cambridge, Mass.: MIT Press, embora centrado no novo paradigma da mente, o da acção emergente, tem numerosas referências ao paradigma conexionista e também ao paradigma do cognitivismo clássico. O capítulo 1, do epílogo do terceiro volume de *"Thinking"* editado por D. N. Osherson e E. Smith, escrito por Paul M. Churchland, intitulado *"Cognitive Activity in Artificial Neural Networks"* fornece uma introdução séria ao conexionismo. Para os mais interessados, nada como ler os difíceis mas fundamentais dois volumes da 'bíblia' do conexionismo: J. L. McClelland, D. E. Rumelhart & The PDP Research Group (1986). *"Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol. 1: Foundations, Vol. 2: Psychological and Biological Models"*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

9 Uma visão abrangente do paradigma da acção emergente é descrita no livro de Andy Clark (1997). *"Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again"*. Cambridge, Mass.: The MIT Press. O livro de Stan Franklin (1995). *"Artificial Minds"*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, aborda também este novo paradigma da mente, sobretudo os capítulos 11, 12, 14, 15 e 16. Os livros de Humberto Maturana & Francisco Varela (1996) *"El Arbol Del Conocimiento. Las Bases Biológicas del Conocimiento Humano"*. Madrid: Editorial Debate e de Varela et al. (1991). *"The Embodied Mind"*:

*Cognitive Science and Human Experience*". Cambridge, Mass.: The MIT Press, são só dedicados a esta nova concepção da mente. Aliás Maturana e Varela são dos seus principais teorizadores. O livro de E. Thelen e L. Smith (1994). *"A Dynamic Systems Approach to the Development of Cognition and Action"*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, fornece uma visão do desenvolvimento cognitivo inserida neste novo paradigma da acção emergente.

Numa linha mais pragmática, relacionada com a educação e a aprendizagem cognitiva, temos as abordagens de Jean Lave e Etienne Wenger, expressas nos livros: Lave (1988). *"Cognition in Practice: Mind, Mathematics, and Culture in Everyday Life"*. Cambridge: Cambridge University Press; e Lave & Etienne (1995). *"Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation"* Cambridge: Cambridge University Press (4th ed.).

## **2**

# **Os computadores e o ensino**

### **Resumo**

Neste capítulo vamos dar uma panorâmica das primeiras aplicações do computador no ensino e descrever as suas principais utilizações actuais. Veremos como, num período de cinco décadas, esta tecnologia se desenvolveu rapidamente, criou novas possibilidades de tratar a informação e gerou novas maneiras de ensinar e aprender.

## ORIGENS DOS COMPUTADORES NO ENSINO

A história da utilização dos computadores no processo de ensino-aprendizagem é inseparável da história do ensino programado, embora os desenvolvimentos da tecnologia e da ciência cognitiva nos últimos trinta anos tenham diversificado os seus percursos.

O surgimento de perspectivas novas de utilização dos computadores levou mesmo alguns autores (Hall, 1982; Huntington, 1981; Waug & Currier, 1986, entre outros) a ultrapassarem o conceito inicial de Ensino Assistido por Computador (CAI), associado sobretudo a programas tutoriais e de prática (*drill & practice*), pelo de Educação Baseada em Computador (CBE), que incluiu também a Instrução Gerida por Computador (CMI), as simulações e outros programas exploratórios que apresentam descontinuidades em relação ao ensino programado. Actualmente, com o surgimento de programas multimédia, dos CD-ROM's e das redes de informação, o panorama da informática escolar está em plena mutação. O conceito de Ambientes de Aprendizagem Informatizados (AAI), utilizado por uma diversidade de autores, é o que, do nosso ponto de vista, melhor caracteriza as novas possibilidades da informática aplicada ao ensino. Pode tratar-se de desenhar e implementar micromundos informáticos, como por exemplo, os micromundos LOGO; ou da utilização de um sistema inteligente como os actuais *Intelligent Tutoring Systems* (ILS's); ou ainda de programas multimédia, onde dentro de um mesmo ambiente informático, os alunos podem utilizar o texto, o desenho, o som, a imagem e a programação, para concretizar os seus projectos, como é o caso do *Hypercard*; finalmente, pode estar-se perante uma rede de informação, onde alunos e professores, utilizando várias ferramentas informáticas, procuram, tratam e trocam informação, mesmo a longas distâncias, o que permite desenvolver projectos que não se confinam à classe e às quatro paredes da escola.

Mas apesar desta evolução conceptual, que acompanha a complexidade do desenvolvimento tecnológico, é ainda hoje essencial compreender a lógica inicial comum e a filiação cronológica do CAI no ensino programado.

As bases teóricas de ambos radicam, com efeito, nas teorias *behavioristas*, ou melhor, *neobehavioristas*, do processo de aprendizagem. E pode mesmo dizer-se que as primeiras tentativas de utilizar o computador no ensino mais não fizeram que transcrever para a sua particular linguagem e recursos as sequências de ensino programado que se encontravam em fichas e manuais (Pedró, 1987).

O ensino programado baseia-se em ambientes muito estruturados em que o programa controla os caminhos por onde passa a aprendizagem, numa pormenorizada análise das tarefas, em sucessivas aproximações ao resultado e no recurso a reforços extrínsecos que podem estar dissociados do objectivo em causa.

O aluno entra em contacto com um programa que o vai dirigindo para as respostas adequadas, sendo a aprendizagem definida como uma mudança avaliável em termos de realização. E é precisamente esta concepção que tem as suas origens nas teorias *behavioristas*, cujo fundador foi o psicólogo norte americano John Watson (1878-1958). Em 1913, Watson publica um artigo, "Psychology as the behaviorist views it", que funda a corrente *behaviorista* da psicologia e é uma reacção profunda ao introspeccionismo estruturalista de Tichener e Wundt. Mais tarde, em 1919, no livro "Psychology from the standpoint of a behaviorist", Watson aprofunda as suas concepções e mostra, através da descrição das suas observações com crianças, como o *behaviorismo* pode lidar com as acções humanas mais complexas.

A tese fundamental de Watson foi a de que a psicologia devia dedicar-se apenas ao que se pode observar em termos objectivos, ou seja, àquilo que conduz a conclusões experimentalmente verificáveis. Nesta perspectiva, o que se deveria observar não eram os fenómenos internos — que ocorrem no interior do organismo e que Watson considera uma "caixa negra" — mas aquilo que o organismo faz ou diz, o seu comportamento. Para este psicólogo norte americano todos esses comportamentos eram causados por estímulos exteriores ao organismo, podendo determinar-se o nexos causal existente entre eles. A aprendizagem consistia na aquisição de comportamentos reflexos, o que tinha como corolário inevitável a concepção de que o meio nela exercia uma influência preponderante. Esta crença, que existiu desde o início da sua obra, foi reforçada na revisão que fez do livro "Behaviorism", em 1930, onde

Watson adopta uma forte concepção ambientalista, considerando que o condicionamento é muito mais determinante do comportamento do que os factores hereditários.

Foi sobretudo com Watson e Pavlov (1849-1936) que se criaram as condições para basear a aprendizagem numa associação entre estímulos do meio e respostas do organismo (S-R).

O aprofundamento das teorias *behavioristas*, levou nas décadas de trinta e quarenta, ao surgimento dos *neobehavioristas*, que procuraram elaborar uma teoria geral da aprendizagem, isto é, de um conjunto de leis básicas que explicassem os comportamentos inerentes a uma variada gama de situações de aprendizagem. Skinner (1904 - ....), foi o psicólogo mais influente dessa época, desenvolvendo a teoria da aprendizagem operante, que integrava de uma forma inovadora a concepção da aprendizagem instrumental de Thorndike (sobretudo a lei do efeito) com as ideias *behavioristas* de Watson. Foi também Skinner o primeiro psicólogo a sugerir as aplicações práticas da sua teoria ao ensino, utilizando o conceito de condicionamento operante, um tipo específico de aprendizagem em que o comportamento se modifica de acordo com as consequências que produz.

Embora o conceito tenha tido a sua origem nas experiências de Skinner com pombos e ratos, a sua transição para o ensino programado nada teve de fortuito. Em 1954, Skinner escreveu um artigo que abriu o caminho para o Ensino Programado e as máquinas de ensinar: *"The Science of Learning and the Art of Teaching"*, onde surgia pela primeira vez o conceito de *"feedback"*, explicitamente referido à possibilidade do aluno poder confirmar imediatamente a correcção da sua resposta, prevendo-se um reforço, em caso afirmativo.

Quatro anos mais tarde, Skinner e Holland, outro psicólogo norte americano, testaram o ensino programado num curso de psicologia, em situação experimental, pois um deles deu o programa em moldes tradicionais e o outro em sequências lineares típicas da primeira fase do ensino programado.

Faltava dar o salto para os computadores. Estes já eram utilizados nas empresas e em algumas universidades, embora não como meios de ensino. O primeiro computador electrónico, o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*), foi inaugurado em 1949 na Universidade da Pensylvania<sup>1</sup>.

Uma fase intermédia fora já percorrida com a investigação de Sidney Pressey, que em 1920 construiu uma máquina com o objectivo de libertar os professores do ensino superior de tarefas burocráticas, mas integrando já princípios de aprendizagem elaborados pelos psicólogos, a saber: participação activa, confirmação imediata e progressão individual adaptada às capacidades do aluno (Lumsdaine, 1969, p. 379).

Em 1950 existiam 12 computadores, similares ao ENIAC, nos E.U.A. Em 1951, Mauchly & Eckert terminaram o primeiro computador de uso comercial, o UNIVAC (*Universal Automatic Computer*), que já contava com acessórios periféricos como gravadores de cinta magnética (que permitiam armazenar um milhão de bytes) e uma impressora (que permitia interpretar os dados sem ter que recorrer à leitura das luzes incandescentes, como acontecia no ENIAC).

Nessa época calculava-se que existiam em todo o mundo, cerca de 100 computadores. Em 1959, cria-se o circuito integrado, que permite soldar automaticamente (o que até então se fazia à mão) muitos transistores num só *chip*, o que reduz o tamanho das máquinas e o consumo de energia, aumentando a velocidade. Nos inícios dos anos 60, o número de computadores elevava-se para 6.000 (Levian, 1972, citado por Hall, 1982) e desde então o seu crescimento tem sido exponencial.

Mas foi sobre Suppes e Bitzer (1959, 1962) que recaiu o mérito da demonstração de que o Ensino Programado podia fazer-se com mais eficácia nos computadores.

Os primeiros ensaios de utilização do computador no ensino, limitaram-se a transportar as sequências do ensino programado para o computador. E por isso, o CAI herdou os princípios estruturantes do ensino programado, que foram resumidos por Holland (1959) do seguinte modo:

- a participação activa, devendo o aluno construir as suas próprias respostas, pois só se aprende através do que se faz e tem incidências na aprendizagem;
- a divisão da dificuldade global em séries de problemas de mais fácil resolução, num método com analogias ao reducionismo fraco praticado na investigação científica;
- a progressão gradual, através de um encadeamento que permite ao aluno comportamentos cada vez mais complexos;

- a verificação imediata, como forma mais eficaz de reforço;
- a adaptação ao ritmo pessoal de cada aluno, sendo dado um tempo adequado de reflexão;
- a possibilidade concedida à obtenção de êxitos parciais e constantes, encarados como um eficaz meio adicional de manter o interesse e motivar o aluno.

As primeiras tentativas do CAI não foram completamente satisfatórias devido à conjugação do tipo de programação e custos dos primeiros computadores e à impossibilidade da sua utilização partilhada (Friend, 1984; Hall, 1982; Pedró, 1987).

Esta última dificuldade foi superada com uma “segunda geração” de computadores que facultou a sua utilização em tempos repartidos, através da multiprogramação que permite ligar vários terminais a um só computador e acompanhar os programas a partir de diferentes locais. Esta “segunda geração” surge em princípios da década de 60 com a introdução da série 360 da IBM. Eram computadores que ocupavam grandes superfícies e que se passaram a designar por *mainframes*, nome que fazia referência às caixas metálicas onde se alojavam as unidades centrais. Um *mainframe* típico dos finais da década de 60, tinha uma memória principal de 512KB e um máximo de 50 MB de capacidade de armazenamento de informação.

Mais difícil de resolver foi o problema resultante de, na altura, apenas se poder contar com as programações lineares construídas por Skinner e os programas ramificados elaborados por Crowder para o ensino programado.

Na programação linear os itens seguem-se uns aos outros, determinando a possibilidade de um único caminho, que deve ser seguido por todos os alunos. A maioria dos programas de *drill & practice* segue esta estrutura linear. Na programação ramificada, de natureza mais flexível, a apresentação dos itens é variada, sendo a progressão linear o caso limite, que se verifica quando todas as respostas são exactas. Em caso de incorrecção o programa conduz o aluno por caminhos paralelos, fornecendo mais informação sobre os elementos em que não alcançou os níveis ou objectivos



estabelecidos. Alguns dos programas tutoriais disponíveis no mercado são ramificados.

A programação ramificada tem, como inevitável reverso, tornar mais complexo o trabalho do programador. Mas, como assinalou Crowder, possui vantagens tendenciais sobre a programação linear, que estreita a visão de conjunto da matéria e encerra, no seu carácter repetitivo, o risco da desmotivação.

Entre as vantagens mais importantes conta-se a amplitude das saídas do programa, a existência de diversas alternativas mais ou menos aceitáveis e o comentário às respostas, induzindo um grau superior de reflexão (Pedró, 1987).

Mas, embora a programação linear e ramificada tenham sido características dos primeiros passos dados pelo CAI, no início da década de sessenta, seria errado pensar que desapareceram dos *software* actual. Pode mesmo dizer-se que ainda são muito frequentes (Becker, 1992; Clements, 1985; Pedró, 1986; Swell & Rotheray, 1986; Waugh & Currier, 1986).

Alguns autores, com destaque para Clements (1985) e Papert (1980, 1993) justificam a situação pelo facto desses programas se adaptarem melhor ao ensino tradicional, aos currículos e programas em vigor, não exigindo dos professores uma significativa alteração da sua prática em termos de metodologia de trabalho ou de concepção do processo de ensino-aprendizagem. Roger Schank (1995) designa este tipo de tecnologia educativa por arquitectura de 'passar a página', pois *"implica apresentar um ecrã com informação e pedir ao aluno que indique quando quer passar à próxima página de informação ou fazê-lo responder a uma pergunta que o levará a outra página de informação"* (p. 91).

No entanto, a partir da década de sessenta, multiplicaram-se as iniciativas, que seguiram por caminhos diversos ou até divergentes, embora na maioria dos casos sem grandes repercussões futuras.

Entre essas iniciativas destaca-se o sistema PLATO (*Programed Logic for Automatic Teaching Operations*), criado e desenvolvido por Bitzer e colaboradores nos anos sessenta, na Universidade de Illinois (Bitzer, Braunfeld & Lichtenberg, 1962) e que nos finais da década de oitenta ainda era utilizado. Inicialmente confinado a um só terminal, o sistema PLATO IV contava, em

1972, com 950 terminais situados em 140 locais e com 8 mil horas de programação, em que colaboraram 3 mil autores. Dez anos mais tarde, o número de terminais ascendera a 1100, concretizando uma das linhas fundamentais da evolução do CAI, ou seja, a implementação de grandes sistemas informáticos, formados por múltiplos terminais, ligados ao computador central por telefone ou cabo. É também nesta altura que a indústria de *software* se autonomiza da de *hardware*.

Em termos de *software*, o sistema PLATO baseia-se numa linguagem de autor denominada TUTOR (Avner & Tenczar, 1969), que como todas as de autor, apresenta uma grande vantagem para o CAI: o professor pode criar, modificar ou apagar parte das suas lições; pode cingir-se ao programa já elaborado ou substituí-lo pelas suas próprias unidades didácticas; e pode ainda conservar os resultados obtidos pelos alunos durante a lição (erros, tempo empregado, respostas certas ...), o que lhe permite recolher uma informação preciosa para acompanhamento individualizado ou de todos os alunos da classe, lição a lição (Lyman, 1980; Pedró, 1986).

Qual é então o problema do sistema PLATO e outros similares, como o TICCIT (*Time-shared Interactive Computer-Controlled Information Television*), seu contemporâneo?

A sua principal desvantagem reside nos elevados custos de manutenção do sistema de comunicação entre o computador central e os terminais.

Foi por isso que a popularização dos computadores só ocorreu em meados da década de 70 com o surgimento dos microcomputadores, que não necessitam de estar ligados a uma rede central e permitem uma utilização flexível, diversificada e personalizada, concedendo uma grande liberdade de utilização. O primeiro microprocessador disponível no mercado foi o 8008, fabricado pela então pequena empresa Intel, no ano de 1972. Em 1975, a empresa MITS (*Micro Instrumentation and Telemetry Systems*) produz o Altair, um *kit* para aficcionados da electrónica baseado no microprocessador da Intel 8080 com 256 *bytes* de memória (Terceiro, 1996). O êxito deste microprocessador foi tão grande que deu origem a uma autêntica febre de novos construtores e que tomaria famosas as garagens onde jovens californianos experimentavam novos desenhos. Lévy (1990) descreve do

seguinte modo o ambiente dessa época de experimentação e euforia “No começo dos anos setenta, havia poucos locais no mundo que iguallassem, em abundância e variedade de componentes electrónicos, o pequeno círculo de algumas dezenas de quilómetros quadrados em volta da Universidade de Stanford (...) No território de Silicon Valley encontravam-se então implantadas a NASA, a Hewlett-Packard, a Atari e a Intel. Todos os liceus da região têm cursos de electrónica. Exércitos de engenheiros de boa vontade, empregados das empresas do ramo, ajudam aos fins de semana os jovens fanáticos da electrónica que se dedicam à bricolage nas farnosas garagens das casas californianas” (p. 55-56).

Um dos pares de adolescentes que se tornaria famoso foi o constituído por Steven Jobs e Stephen Wozniak que desenvolveu o Apple II. Até chegarem a este primeiro verdadeiro computador pessoal, que em 1976 permitia programar em Basic e jogar jogos e a que posteriormente foram acrescentadas interfaces como um teclado e o leitor de disquetes, estes dois jovens fizeram várias tentativas de construir uma versão que pudesse ser utilizada pelas pessoas vulgares e que deixasse de estar confinado às grandes empresas, ao Estado e ao Exército.

Outra parilha de adolescentes que acabou por se tornar famosa foi a constituída por Bill Gates e Paul Allen que, em 1975, lançam a linguagem de programação BASIC (*Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code*) para que pudesse “correr” no Altair.

O slogan (*computers for the people*) destes pequenos grupos de adolescentes no início da década de 70, que em paralelo às grandes empresas de electrónica desenvolveram o computador pessoal, acabou por se tornar uma realidade.

E foi devido ao seu esforço, à sua paixão pela *bricolage* electrónica e às suas ideias de formar uma “contracultura” que aproveitasse os desenvolvimentos das “técnicas de ponta” em favor de uma maior número de pessoas, que os computadores deixaram de ser aquelas grandes máquinas, lentas, pesadas e caras, só acessíveis às grandes empresas e aos especialistas e destinadas ao cálculo. Os computadores passaram a ser camadas sucessivas de interfaces, fáceis de utilizar e acessíveis a um cada vez maior número de pessoas. A “revolução informática” tinha começado.

Foi neste contexto que surgiram novas linguagens de programação como a Forth, o Smalltalk e o Logo, que apareceu um dos primeiros processadores de texto (*Apple Writer*) para microcomputador, a primeira folha de cálculo (*Visicalc*) e se começaram a perspectivar novas maneiras de utilizar os computadores no ensino. Foi também nesta época (finais da década de 70) que os primeiros jogos vídeo surgiram no mercado. As crianças aderiram entusiasticamente aos jogos e ainda hoje são eles, na maioria dos casos, que estabelecem o primeiro contacto com os computadores. Da linguagem de programação Logo falaremos num outro capítulo, pois foi este ambiente informático que utilizamos no trabalho empírico. Actualmente, com o surgimento dos programas multimédia, das redes e da rede das redes, a Internet ou simplesmente Net, a utilização dos computadores no ambiente familiar e nas escolas adquiriu uma nova dimensão.



..



# AS APLICAÇÕES ACTUAIS DOS COMPUTADORES NO ENSINO

## I - AS PRINCIPAIS PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO

Os computadores e programas actualmente disponíveis no mercado permitem realizar um conjunto diversificado de tarefas, adaptando-se cada vez mais às necessidades dos utilizadores.

As implicações educativas de tal situação, são ainda parcialmente indeterminadas, tão rápida tem sido a evolução dos equipamentos (*hardware*) e dos programas (*software*). Contudo, os computadores têm já aplicações muito variadas no ensino.

Tentar classificar os programas informáticos actualmente disponíveis no mercado, segundo um ponto de vista educativo, quer dizer, da sua aplicabilidade ao processo de ensino/aprendizagem escolar, é uma tarefa necessária mas difícil. Dificuldade que advém da sua diversidade e das finalidades para que foram concebidos; é preciso não esquecer que cada programa informático tem a sua própria história e foi pensado para resolver determinado tipo de problemas. Embora alguns tenham sido concebidos para responder a problemas especificamente educativos, procurando adaptar-se aos conteúdos dos programas curriculares em vigor, outros são genéricos, não tendo sido pensados para serem usados no ensino. É o caso dos programas de processamento de texto, de bases de dados e de gráficos e as folhas de cálculo, que foram elaborados para responder a necessidades profissionais, sobretudo empresariais, mas que têm vindo a ser progressivamente introduzidos no ensino, para já não falar das redes de informação e das linguagens de programação.

Por isso, optámos por fornecer três estruturas classificativas (taxinomias) das actividades que se podem realizar com os computadores no ensino, para depois descrevermos os principais programas actualmente existentes, caracterizando as suas vantagens e limitações.

## **1. Taxinomia bipolar: o computador como tutor e o computador como ferramenta**

Esta foi a taxinomia que utilizámos na tese de mestrado pois, na altura, era a comumente usada nos artigos e livros especializados. Considerámos que, apesar da diversidade de aplicações dos computadores no ensino, existiam duas perspectivas principais de utilização.

Numa dessas perspectivas, os computadores assumem um papel de “professor electrónico”, que dá a matéria, propõe exercícios e avalia os alunos — é o computador como tutor — apoio à tarefa do professor. Os programas incluídos no conceito de CAI (*Computer-Assisted-Instruction*) são o exemplo deste tipo de aplicação que em termos históricos, como antes referimos, foram também uma das primeiras aplicações dos computadores no ensino e são ainda uma das aplicações mais vulgarizadas (sobretudo nos países tecnologicamente mais desenvolvidos). Contudo, hoje em dia os programas que se podem incluir no conceito de ensino assistido por computador apresentem já descontinuidades face aos seus antecessores.

Uma outra possibilidade é a do computador como instrumento de apoio à aprendizagem, ao serviço de professores e alunos — é o computador como ferramenta. Nesta perspectiva os computadores são tidos como um instrumento de apoio ao processo de ensino/aprendizagem. Os programas de estrutura aberta e sem uma finalidade curricular específica são exemplo deste tipo de aplicação. Os processadores de texto, as linguagens de programação, as ferramentas multimédia, as simulações e os programas de bases de dados e de gráficos são exemplos da utilização do computador enquanto ferramenta.

No entanto estes dois papéis estão relacionados entre si.

A escolha de uma ou outra das perspectivas de utilização depende de factores como a filosofia educativa da escola e do professor, os objectivos que pretendem atingir, o nível de conhecimentos e desenvolvimento dos alunos e os constrangimentos do mercado.

De resto, a história da tecnologia educativa mostra que as diferentes técnicas e instrumentos utilizados no ensino (o papel, o lápis, os livros, os retroprojectores, o vídeo, etc.) têm sempre uma dupla funcionalidade. Servem

de apoio ao acto de ensinar, ajudando o professor na sua actividade e desempenham também um papel no acto de aprender, apoiando a tarefa do aluno.

A instrumentação do acto educativo pode proporcionar um mais eficiente controle da situação ensino/aprendizagem, constituindo um poderoso factor de motivação, envolvimento e enriquecimento da experiência total do aluno e do professor (Davies, 1972; Schofield, 1995). Quando adequadamente feita confere mesmo uma outra dimensão às actividades escolares.

### **1.1. O computador como tutor**

Nesta perspectiva, e como referimos já, o computador é usado como um professor (de limitações particulares), podendo apresentar informação, fazer perguntas, avaliar os alunos e repetir uma lição ou parte dela.

Na sua forma mais simples, pode tratar-se apenas de fichas electrónicas. Mas, num nível complexo, o computador tem a possibilidade de fornecer o mesmo que um livro e de ir mais além. Pode estabelecer relações de interacção com os alunos através de música, de figuras ou mesmo de palavras e individualizar a apresentação do programa de acordo com o conhecimento dos alunos. Os programas geralmente inseridos no conceito de CAI (programas de *drill & practice* e os tutoriais), são os mais representativos do computador enquanto tutor. Os actuais *Intelligent Tutoring Systems* (ITS) e os *Computer-Based Integrated Learning Systems* (ILS), apesar das descontinuidades e novas potencialidades que apresentam face aos seus antecessores, podem ser incluídos nesta categoria do computador como tutor, pois estes sistemas visam geralmente a aprendizagem de saberes específicos e a componente instrutiva é ainda dominante em relação à componente exploratória. No entanto, os ITS's são autênticos sistemas periciais que, pensados para serem utilizados no ensino, visam implementar e testar princípios teóricos da aprendizagem.

## 1.2.O computador como ferramenta

Esta é, provavelmente, a maneira mais eficaz de utilizar os computadores no ensino e, por isso, tendencialmente a mais importante. Nesta perspectiva os alunos aprendem realizando uma multiplicidade de tarefas, incluindo a de programar.

É evidente que as crianças, nomeadamente do pré-escolar e do 1º ciclo da escolaridade, não podem realizar tarefas computacionais ao mesmo nível dos adolescentes e adultos. Mas a natureza da actividade é a mesma, sendo o computador utilizado para realizar objectivos que implicam um envolvimento pessoal.

Nesta perspectiva os alunos não usam o computador para praticarem *skills* e sequências de ensino ou para obterem novos conhecimentos dos programas curriculares em vigor, como na perspectiva anterior. Na metáfora do computador como ferramenta, os alunos utilizam-no como um novo instrumento (à semelhança da palavra, do lápis, do papel e dos livros) que serve para realizar uma diversidade de tarefas, transformar a informação e comunicar com os outros.

Tal como os adultos que usam o computador para escrever, elaborar gráficos, fazer cálculos, concretizar projectos, procurar e trocar informação, as crianças usam programas de processamento de texto, transmitem mensagens, expressam ideias, desenharam ou garatujam, compõem poemas e histórias, criam música.

O computador é assim assumido como um instrumento polivalente, que serve para realizar uma diversidade de tarefas, representar e transformar a informação e comunicar, podendo mesmo ser utilizado pelo professor como um meio de organizar e gerir a vida da classe. E apesar de toda a sua diversidade, a maioria dos programas inseridos nesta perspectiva, fazem apelo à resolução activa de problemas, sendo, por isso, do tipo interactivo e exploratório.

O computador serve como interlocutor na realização de projectos, tendo o aluno de organizar a informação, tomar decisões, introduzir nova informação, avaliar as respostas e em função delas rever as decisões tomadas. Deste



modo não existe um único caminho possível para realizar um projecto mas várias alternativas de acordo com as instruções fornecidas ao computador.

Entre os programas que melhor se integram nesta perspectiva, contam-se os de bases de dados, os de processamento de texto, os de simulação e de jogos exploratórios e as linguagens de programação. É o caso das ferramentas multimédia, como o *Hypercard*, onde se pode trabalhar, dentro de um mesmo universo informático, com o som, a cor, o desenho, a imagem, o processamento de texto e a programação; ou de programas como o *Cabri-Geométrie* que, apesar de ter um conteúdo específico, pode ser incluído nesta categoria pois baseia-se numa concepção exploratória e construtivista da aprendizagem.

O interesse destes programas reside na possibilidade de se adaptarem a vários tipos de utilização e conteúdos curriculares e de desenvolverem destrezas e conhecimentos nas ciências físicas e sociais, línguas e matemática e outras disciplinas e sobretudo no seu potencial para desenvolver capacidades cognitivas e metacognitivas globais.

## **2. Taxinomia proposta por Mendelsohn: ambientes de aprendizagem e informática (1991)**

Num texto muito interessante do ponto de vista didáctico, Mendelsohn (1991) considera que os ambientes de aprendizagem implementados em computadores podem ser descritos segundo dois eixos ortogonais: um que caracteriza o ambiente informático; o outro as aprendizagens visadas pelo sistema.

Este autor, não inclui no conceito de ambiente de aprendizagem implementado em computador o papel do professor e dos colegas, isto é, a ecologia da vida da classe limitando, por isso, este conceito ao sistema informático; e mesmo neste sentido restrito não considera as novas potencialidades de certos ambientes informáticos para facilitarem a troca e colaboração entre alunos através da utilização de uma rede. Portanto, o

conceito é limitado à interacção que se estabelece entre um utilizador e um sistema informático.

O primeiro eixo representa a abertura do sistema informático, quer dizer, o grau de liberdade das acções que o sujeito pode realizar. Este eixo permite classificar um programa informático na sua dimensão "aberto- fechado". Um programa aberto, parte de um conjunto limitado de instruções básicas (à semelhança do código de 23 letras do alfabeto) e de um conjunto de funções mais ou menos limitado (como as regras de sintaxe de cada língua) que permitem fazer combinações indefinidas, para formar frases, períodos e composições de acordo com o conhecimento e domínio da língua de cada falante. O Logo é um bom exemplo de um sistema informático aberto, pois permite ao aluno, a partir do conhecimento das primitivas e funções elementares desta linguagem de programação, fazer combinações múltiplas, mais ou menos criativas. Neste aspecto, aprender a programar em Logo assemelha-se mais com a aprendizagem da escrita/leitura e do cálculo matemático do que com a de conhecimentos temáticos associados às disciplinas escolares. Pelo contrário, um programa informático fechado permite apenas ao aluno um conjunto limitado de escolhas e num domínio bem delimitado.

O segundo eixo refere-se ao tipo de conhecimentos a que o programa informático faz apelo. Numa das suas extremidades podemos posicionar os ambientes de aprendizagem pouco específicos e dos quais se esperam efeitos sobre os mecanismos mais gerais do funcionamento cognitivo, nomeadamente a planificação da acção, heurísticas de resolução de problemas, e outros *skills* cognitivos e metacognitivos, que se pensa serem independentes do domínio de aplicação. As estruturas cognitivas formadas em cada estágio de desenvolvimento, segundo a perspectiva Piagetiana, são um bom exemplo destes mecanismos gerais do funcionamento cognitivo. De novo, o Logo, pode ser considerado o protótipo dos programas informáticos que se incluem neste eixo. Na outra extremidade deste eixo, incluem-se os sistemas especializados que visam a aquisição de um conhecimento específico como, por exemplo, o cálculo ou os principais factos, datas, personagens e países descobertos pelos portugueses durante o período dos descobrimentos. Estes conhecimentos são dependentes de um contexto específico, sendo por isso menos generalizáveis.

De novo, os programas incluídos no conceito de CAI mais tradicional podem ser considerados os seus protótipos.

Ainda segundo Mendelsohn (ibidem), o produto cartesiano destas duas dimensões delimita quatro quadrantes onde é possível situar os principais ambientes de aprendizagem actualmente disponíveis (ver figura 2-1).

## 2.1. Os Programas Profissionais

Os programas profissionais (processadores de texto, bases de dados, folhas de cálculo, programas de desenho, programas de gráficos), podem ser considerados abertos do ponto de vista informático. São, de facto, linguagens de comandos, pois não existem constrangimentos no que se refere ao que se pode escrever, classificar, calcular ou desenhar. Oferecem ainda a possibilidade de construir macromundos semelhantes aos procedimentos de uma linguagem de programação clássica. São programas especializados, não concebidos para serem usados no ensino, mas que têm vindo a ser gradualmente

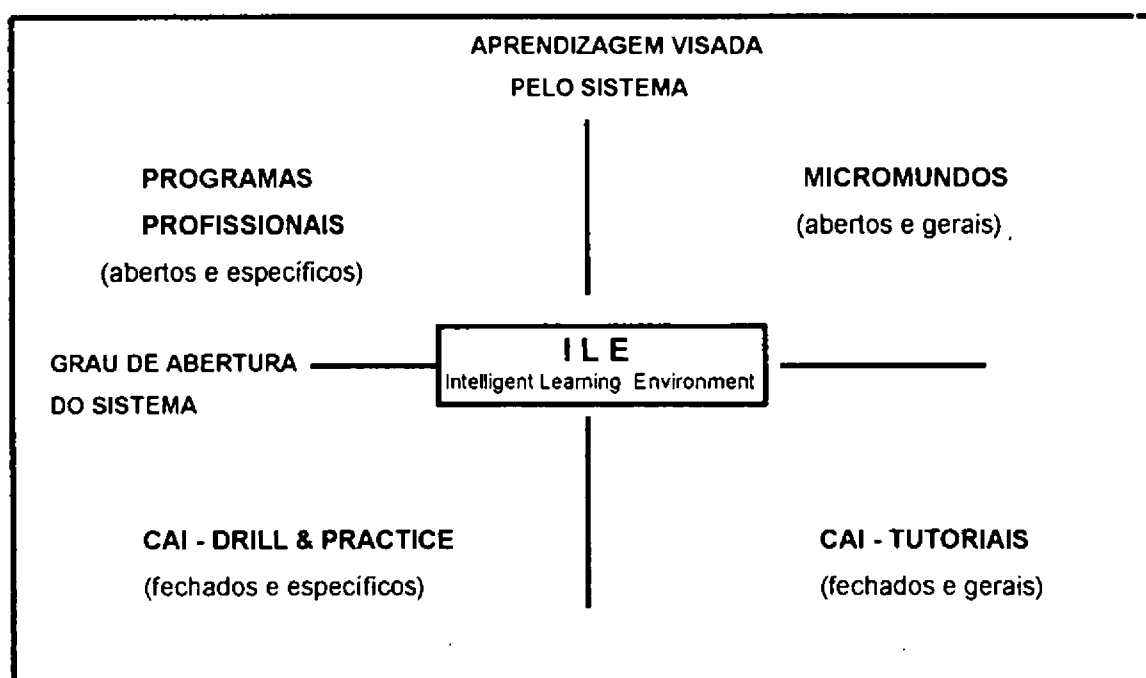


Figura 2-1: Taxinomia esquemática dos ambientes de aprendizagem informatizados (adaptado de Mendelsohn, P. (1991). "Les environnements intelligents d'apprentissage", in Jaques Montangero et Anastasia Tryphon (1991). "Psychologie Génétique et Sciences Cognitives". Genève: Fondation Archives Jean Piaget, p. 78)

gradualmente inseridos na prática pedagógica. Geralmente, os professores utilizam e adaptam estes programas para realizar actividades com um conteúdo específico: escrever uma composição, fazer um ditado ou realizar um exercício gramatical (no processamento de texto); ilustrar uma composição, fazer um desenho livre ou um desenho de uma visita de estudo (no programa de desenho); classificar objectos (na base de dados); resolver um problema numérico (na folha de cálculo), etc. A concepção destes programas repousa, segundo Mendelsohn (1991), numa analogia funcional com estas actividades e a sua aprendizagem faz-se, muitas vezes, por imitação e transfer analógico de competências (o que não impede que existam problemas na iniciação a estes programas).

## **2.2. Os Micromundos**

Os ambientes de aprendizagem denominados micromundos são, como os programas profissionais, sistemas informáticos abertos; o aluno deve explorar um domínio, com o mínimo de ajuda do sistema, combinando as primitivas de uma linguagem de comandos. O exemplo mais conhecido é o micromundo do Logo-Geometria e seus desenvolvimentos: Lego-Logo, Logo-Writer, Logo-Base e MultiLogo. Os objectivos atribuídos a estes ambientes são de três tipos: aprendizagem de conceitos de computação (visto tratar-se de uma linguagem de programação), aquisição de conceitos de matemática e de física e o desenvolvimento de capacidades cognitivas gerais de alto nível, transferíveis a diversos contextos e situações.

A aprendizagem destas linguagens de programação é do tipo construtivista, pois trata-se de construir objectos cada vez mais complexos a partir de "esquemas elementares" disponíveis (as primitivas ou instruções básicas da linguagem) e de uma gramática que permite criar esses conjuntos mais complexos. Neste sentido, e como referimos já, assemelha-se mais com a aprendizagem dos sistemas de representação convencionais ensinados na escola, nomeadamente da escrita e do cálculo, do que com de disciplinas temáticas como, por exemplo, o estudo do meio físico e social.

### 2.3. Os programas tutoriais e de *drill & practice*

São os programas informáticos mais antigos e os que melhor representam a metáfora do computador como tutor. Na perspectiva da instrução assistida por computador (CAI), os programas de *drill & practice* são os mais difundidos sendo, em geral, fáceis de utilizar por alunos e professores e cobrindo pequenas sequências de aprendizagem dos programas curriculares em vigor. Nos países tecnologicamente mais desenvolvidos existe uma grande variedade destes programas e para todos os graus de ensino, do pré-escolar ao secundário. Apesar disso, geralmente todos colocam numa situação mais ou menos interactiva um aluno e um problema particular a resolver. A gama de actividades possíveis é muito variada mas cada sequência de aprendizagem é fechada, pois só existe um leque relativamente restrito de alternativas de resposta. Estes ambientes de aprendizagem não favorecem a iniciativa dos alunos e são muito especializados em termos de objectivos pedagógicos. A concepção destes ambientes repousa no diálogo interactivo e a aprendizagem feita pelo aluno consiste, em geral, em memorizar e treinar sequências de procedimentos associadas a certos conceitos.

Actualmente os programas tutoriais são muito mais sofisticados do que os primeiros a surgir no mercado, na década de 60. Os seus criadores acrescentaram aos programas tutoriais clássicos, uma componente tutorial inteligente, na qual estão representados o “modelo do aluno”, o “saber fazer do professor” e o “conhecimento especializado do domínio a ensinar”. Embora estes novos sistemas tutoriais inteligentes apresentem já maiores possibilidades que os seus antecessores, nomeadamente na sua capacidade de estabelecer com o aluno um diálogo interactivo mais individualizado e de dar explicações sobre os erros e processos utilizados na resolução dos problemas propostos pelo sistema, a componente instrutiva direccionada é ainda dominante face à exploratória e construtivista, que hoje se sabe ser fundamental em qualquer processo de aprendizagem. Por isso, o grau de abertura destes sistemas é ainda limitado. Mendelsohn (1991), considera que esta limitação é devida às dificuldades que estes novos sistemas têm de estabelecer um diálogo “homem-máquina” em linguagem natural. Prevê-se, no

entanto, que a curto-médio prazo sejam comercializados computadores capazes de decodificar a voz humana e interagir com os humanos por meio desta nova "interface", que é o meio mais natural e comum de comunicação entre os sujeitos. Esta situação irá, certamente, ter efeitos no modo como os humanos estão habituados a aprender e modificará profundamente as relações com estas máquinas inteligentes, capazes de comunicar de uma forma natural. Esta mudança foi e é possível devido a dois factores. O primeiro é o desenvolvimento tecnológico, que permite conceber computadores com uma cada vez maior capacidade de memória e interfaces mais interactivas e adaptadas às necessidades dos utilizadores. O segundo o desenvolvimento da ciência cognitiva, nomeadamente os trabalhos levados a cabo no âmbito da IA (Inteligência Artificial) e na Psicologia Cognitiva, sobretudo a implementação e testagem de modelos de aprendizagem realizados em máquinas "*model-machine-learning*". Neste contexto evolutivo, a própria terminologia foi-se alterando, de modo a traduzir as novas possibilidades destes ambientes de aprendizagem informatizados. Mendelsohn (1991) designa-os por *Intelligent Learning Environments* (ILE's), Mandel & Lesgold (1988) apelidam-nos de *Intelligent Tutoring Systems* (ITS's), Feurzeig (1986) deu-lhes o nome de *Intelligent Micro-Worlds* e Frederiksen & White (1988) denominam-nos de *Articulated Micro-Worlds*. Neste texto adoptaremos preferencialmente a terminologia de *Intelligent Tutoring Systems* (ITS's).

#### 2.4. ILE's - Intelligent Learning Environment

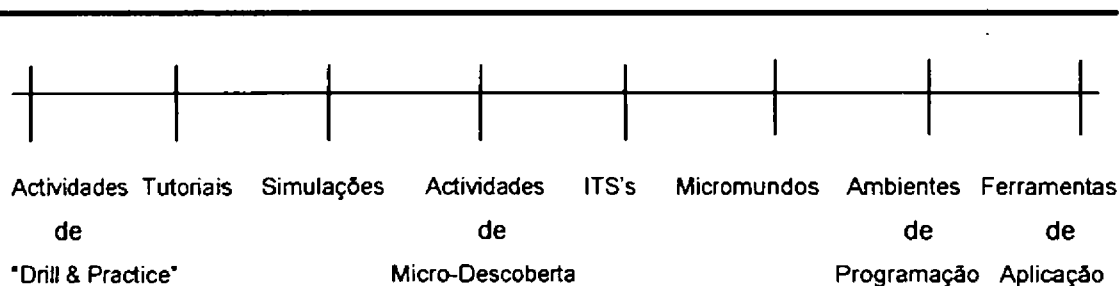
Segundo Mendelsohn (1991) estes ambientes inteligentes de aprendizagem permitem ultrapassar a oposição maniqueísta entre os defensores da aprendizagem por indução (que resulta das actividades exploratórias do sujeito) e os partidários dos programas tutoriais inspirados no ensino programado (caricatura da aprendizagem feita por intermédio do ensino). Estes sistemas, quando bem concebidos, devem ser capazes de favorecer a aquisição de conceitos e procedimentos associados a um domínio de conhecimento. De facto, trata-se de construir uma situação de trabalho temático que cada aluno pode adaptar aos seus gostos, necessidades e estilo

de trabalho. No entanto, os sistemas inteligentes de aprendizagem actualmente disponíveis, e que cobrem vários domínios temáticos, apesar das virtualidades que apresentam face aos seus antecessores, ainda têm muitas limitações. De Corte (1994) considera que a maioria deles ainda colocam a tónica da aprendizagem na tutoria exercida pelo computador e por isso a componente instrutiva e direccionada é ainda dominante face à componente construtiva e exploratória. Neste sentido Kintsch (1991) formulou a ideia de desenvolver *Unintelligent Tutoring Systems*, isto é, sistemas que fornecessem um apoio temporário e selectivo aos alunos de modo a que estes funcionassem num nível acima do seu nível corrente de realização. Num sistema destes, o papel do tutor não seria o de fornecer os processos inteligentes que guiam a aprendizagem como, por exemplo, planear e monitorizar os progressos dos alunos, porque estas actividades são as que os alunos devem eles-próprios realizar de modo a aprender. A direcção a seguir parece, pois, ser a de desenvolver sistemas de aprendizagem informatizados menos estruturados e directivos, que se focalizem mais no *coaching* e menos no *tutoring*, que incluam ferramentas de apoio ao aluno para a aquisição de conhecimento e que tentem integrá-las, bem assim como às estratégias de *coaching*, em ambientes de aprendizagem colaborativos. É o que propõem autores como Kaput, 1992, Brown, 1990 e De Corte, 1994. Outros como Ohlsson (1992), pensam que o caminho a seguir para o desenho e implementação de Novos Sistemas Tutoriais Inteligentes é desenvolver uma Teoria Cognitiva que ponha a tónica na aquisição do conhecimento abstracto (declarativo) e não tanto no conhecimento procedural, como tem sido prática da maioria dos investigadores da moderna psicologia cognitiva, e mais particularmente da psicologia da instrução. Para este autor, não se trata só de implementar nos ILS's alguns princípios da aprendizagem feita por médio da instrução mas de questionar a própria natureza das aprendizagens visadas por estes sistemas. Como ele próprio diz: *"a actual teoria cognitiva é uma teoria das competências (skills) cognitivas mais do que uma teoria do conhecimento e, por isso, as suas aplicações instrutivas visam sobretudo a aquisição de skills cognitivos. Contudo, a metáfora da computação simbólica não nos fornece noções igualmente poderosas sobre o conhecimento abstracto. As ideias da teoria do processamento da informação sobre o conhecimento são pobres e mal articuladas. Consequentemente, a actual teoria cognitiva não é muito*

útil para o desenho de sistemas tutoriais inteligentes que ensinem conceitos e princípios. Por isso, se queremos ter uma teoria instrutiva do conhecimento abstracto, precisamos de desenvolver uma teoria da aquisição desse conhecimento" (Ohlsson, 1992, p. 93). Esta é uma reacção, que nos parece muito positiva, sobretudo pelas novas pistas de investigação que levanta, face às críticas de alguns autores (Dreyfus, 1972; Weizenbaum, 1983) que nos alertaram para os perigos da implementação massiva dos computadores na sociedade, a saber, a de valorizar o desenvolvimento do pensamento instrumental em prejuízo do pensamento abstracto, por natureza mais geral, independente das situações, declarativo e qualitativo. Mas será possível e desejável, como sugerem estes autores, formalizar todos as dimensões da actividade mental do homem? .

### 3. Taxinomia proposta por Ferguson: os computadores no ensino e na aprendizagem (1992)

Este autor considera que uma das maneiras de classificar as actividades de aprendizagem baseadas no computador é com base no grau de controle que o aprendiz pode exercer sobre a actividade. Fundamentando-se neste critério, classifica os diferentes programas existentes, num eixo horizontal, que vão desde os "mais dirigidos" (extremo esquerdo da escala) até aos "mais abertos" (extremo direito da escala) (ver figura 2-2).



**Figura 2-2:** Actividades baseadas no computador, ordenadas de acordo com o grau de controle exercido pelo aluno sobre o sistema (do menor ao maior grau de controle) (adaptado de: Ferguson, D.L. (1992). *Computers in Teaching and Learning: An Interpretation of Current Practices and Suggestions for Future Directions*, In Eileen Scanlon & Tim O'Shea (eds), *"New Directions in Educational Technology"*. New York: Springer-Verlag - NATO ASI Series - Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 96)



Os programas mais dirigidos são classificados como “actividades dirigidas” e neles se incluem os programas de “*drill & practice*” e os “tutoriais”. Os mais abertos são designados por “ambientes exploratórios” e neles se incluem os ambientes de programação e as ferramentas de aplicação, como os processadores de texto, as folhas de cálculo e os gráficos. Como em todas as classificações, o autor chama a atenção para o facto de, actualmente, nem sempre existirem fronteiras rígidas entre os diferentes tipos de programas e actividades que permitem. Aliás, muitos dos “pacotes informáticos” disponíveis no mercado, incorporam vários tipos de actividades de aprendizagem baseada no computador.

### 3.1. Actividades dirigidas

As primeiras aplicações dos computadores no processo de ensino-aprendizagem permitiam apenas actividades dirigidas. Este facto deveu-se sobretudo ao desenvolvimento da psicologia da aprendizagem e da instrução, (que na época era dominada pela corrente *behaviorista*) e às limitações tecnológicas dos computadores, como referimos no início deste capítulo.

Foi a época do ensino assistido por computador (*CAI-Computer-Assisted-Instruction*) e dos programas de *drill & practice* e tutoriais. As actividades propostas por estes programas são dirigidas em, pelo menos, dois aspectos:

- a actividade cognitiva dos alunos é reduzida, pois a maioria destes programas têm sequências de aprendizagem muito rígidas e repetitivas e, muitas vezes, as competências cognitivas que era suposto desenvolverem são totalmente fornecidas pelo programa (o aluno não tem que pensar);
- o modo como os alunos deveriam adquirir as competências cognitivas que, em princípio, o programa deveria elicitar, são aparentes, pois os alunos têm pouco controle sobre as actividades propostas.

O núcleo dos programas de *drill & practice* é a repetição, combinada com um limitado sistema de *feedback*. Os criadores destes programas consideram apenas um dos seguintes aspectos instrutivos:

- ao utilizador/aprendiz tem que ser ensinado um conjunto explícito de regras para realizar uma dada tarefa (ex.: regras para multiplicar símbolos numéricos). O objectivo dos programas de *drill & practice*, como o próprio nome designa, é fornecer prática na aplicação de determinadas regras;

- espera-se que o aluno aprenda uma determinada técnica ou competência ou compreenda mesmo um princípio pela simples repetição de uma “tarefa simples”.

### 3.2. Ambientes exploratórios

Os ambientes exploratórios, segundo Ferguson (1992), possibilitam um maior controle das actividades por parte dos alunos, e podem ser geralmente caracterizados por meio de vários aspectos, como:

- Clarificação dos “objectos” dos ambientes (estes são os elementos a manipular);

- Um conjunto de regras que definem como os “objectos” do ambiente devem ser manipulados (nas ferramentas de aplicação as regras devem ser geradas pelo utilizador);

- O utilizador define os objectivos;

- Um sistema de *feedback* efectivo.

O *feedback* pode ser directo ou indirecto. Neste último caso, o utilizador deve retirar informação pertinente, observando como o sistema responde. Por exemplo, no ambiente LOGO, o utilizador deve fazer inferências acerca da correcção ou incorrecção das suas acções, estudando os gráficos produzidos. Se estes corresponderem ao desejado pelo utilizador é porque as suas acções (instruções dadas ao sistema) estão correctas. Caso contrário, terá que analisar as instruções dadas, detectar os erros e corrigi-los.

### 3.2.1. Simulações

Uma simulação é um modelo dinâmico que é útil para estudar outros modelos que nele se baseiam (que lhes estão subjacentes). Uma simulação pode representar um circuito eléctrico, o *cockpit* de um avião ou outros sistemas físicos. Pode ainda representar sistemas políticos ou económicos e outros fenómenos complexos. Uma simulação parametrizada (*parameter-based simulation*) é aquela que permite ao utilizador manipular os valores de alguns parâmetros e estudar os efeitos que estas alterações produzem no sistema. Os alunos podem aprender muitas coisas fazendo de conta que são parte de uma dada situação, como sucede no “cantinho das bonecas”, onde as crianças simulam alguns dos papéis e actividades realizadas pelos adultos. Um exemplo de uma simulação parametrizada é o programa “*Yellow Light*” de Liao, T. T. & Piel, E. J. (1984), simulação computacional do comportamento dos condutores num ambiente que visa estudar o efeito da limitação de velocidade, de tempo de sinal amarelo, desaceleração, largura do cruzamento, etc., na zona de paragem, zona de avançar e zona dilemática, para um motorista que vê que a luz do semáforo acabou de passar de verde para amarelo. O motorista pode tomar duas decisões: avançar ou parar. Na simulação, os alunos desempenham o papel do condutor e do engenheiro de tráfego. Neste último papel, os alunos tentam manipular os parâmetros apropriados (dentro de valores razoáveis) de modo a minimizar o tamanho da zona dilemática.

Muitos outros exemplos poderiam ser dados. Simulações são também utilizadas para a aprendizagem da condução de automóveis e de aviões, e na formação médica (operações, etc.). O que nos parece importante neste tipo de programas é a sua capacidade de construir modelos de partes do mundo real, dando a possibilidade aos alunos de aprender, sem os riscos para si e para terceiros, que muitas destas aprendizagens implicariam se se fizessem em situações reais.

### 3.2.2. Actividades de Micro Descoberta

Ferguson (ibidem) usa o termo “actividades de micro descoberta” para se referir a programas de computador que são caracterizadas por:

— determinar o que os alunos devem descobrir através da interacção com a actividade proposta;

— guiar os alunos no ambiente informático através de caminhos que se pensa que os conduzem à descoberta.

Como desconhecemos este tipo de 'software' não damos nenhum exemplo.

### 3.2.3. ILS's - Intelligent Tutoring Systems

Durante as décadas de 70 e 80 despendeu-se um grande esforço para desenvolver sistemas tutoriais baseados no computador, que exibissem as qualidades presentes nos "bons professores". Foi a esta tentativa de implementar em máquinas as características e qualidades de um bom tutor que deu origem à designação de sistemas tutoriais inteligentes. As qualidades de um bom tutor humano são muitas e variadas e, algumas delas difíceis de descrever e categorizar. No entanto, segundo vários autores, as principais são:

- conhecimento especializado num dado domínio;
- capacidade para diagnosticar os erros dos alunos (e de formular modelos apropriados do seu nível de conhecimento);
- capacidade para utilizar vários métodos e estratégias instrutivas e de os adaptar às necessidades dos alunos;
- capacidade para apresentar tarefas interessantes e de manter a atenção dos alunos durante longos períodos.

Os autores dos ITS's tentaram implementar nestes sistemas as mais variadas qualidades dos tutores humanos. Não iremos, de momento, analisar as características de tais sistemas, nem tão pouco descrever as críticas e desenvolvimentos actuais, pois iremos fazê-lo mais à frente. Queríamos tão só chamar atenção para a diferença de inserção classificativa dos ITS's, nas duas taxinomias que analisamos, a relembrar, a proposta por Mendelsohn (1991) e a de Ferguson (1992). Para Mendelsohn, os ITS's são sistemas híbridos que permitem fazer a síntese entre a aprendizagem por indução, característica dos sistemas abertos, como por exemplo o LOGO, e a aprendizagem dirigida

própria dos sistemas fechadas, como por exemplo os programas tutoriais. Este autor enfatiza sobretudo as virtualidades destes sistemas o que o leva a situá-las no centro do sistema classificativo. Pensamos, no entanto, que não se trata de uma valorização subjectiva, pois atende aos critérios de base que este autor utiliza para classificar os ambientes de aprendizagem informatizados ("aberto-fechado" e "aprendizagens visadas pelo sistema"). Pelo contrário, no seu sistema classificativo, Ferguson, coloca os ITS's no meio da escala dos ambientes exploratórios. Aqui, mais uma vez, são os critérios-base de classificação que determinam esta inserção e não uma qualquer preferência subjectiva por outros sistemas informáticos. Como devem estar lembrados, este autor utilizou apenas um critério classificativo: o controlo que o aluno-aprendiz pode exercer sobre as actividades propostas pelo sistema. Por isso, quanto maior for o grau de liberdade, quer dizer, o grau de controlo que o aluno pode exercer sobre o sistema mais elevada a classificação desse sistema na taxinomia proposta.

#### 3.2.4. Micromundos

O termo micromundo é utilizado por uma diversidade de investigadores para descrever ambientes de aprendizagem informatizados com uma fonte componente visual e que implicam a resolução de problemas de estrutura aberta. Papert (1980) foi o mais influente dos investigadores nesta área. O micromundo mais conhecido é o das tartarugas programáveis (LOGO). Vejamos como Papert o descreve:

*"É um micromundo no sentido em que é um pequeno mundo ... É estritamente limitado, completamente definido pela tartaruga e os modos em que pode ser movimentada e fazer desenhos. Mas é rico. Dentro deste micromundo a criança explora através da manipulação da tartaruga: fá-la desenhar quadrados e círculos, repetir e rodar desenhos, tudo o que a criança possa imaginar. O micromundo é concebido e programado como um local seguro de exploração. Podes tentar todas as espécies de coisas ... nunca te sentirás 'estúpido' ... ficas completamente seguro neste mundo ... é ainda programado para ser rico e permitir a descoberta, no sentido de que pequenas pepitas de conhecimento nele foram disseminadas para que as possas descobrir" (1984, p. 2).*

Papert descreve os micromundos como auto-suficientes, onde certas perguntas e aprendizagens são relevantes e outras não. Existem vários micromundos: o LOGO, o LEGO-LOGO, o TURTLETALK, etc. Existem, contudo, aspectos comuns a qualquer um deles:

- São ambientes auto-suficientes. Neste sentido são ambientes fechados. Por exemplo, no LOGO, as ferramentas necessárias para desenhar estão disponíveis no ambiente;

- São ambientes circunscritos. O universo do discurso do LOGO é limitado pela própria linguagem LOGO;

- Fornecem oportunidades para representar fenómenos reais de várias maneiras;

- Tornam a aprendizagem mais fácil através da construção de objectos. Os alunos aprendem pelo fazer (*learning by doing*) e pelo 'conceber/desenhar' (*designing*);

- São ricos na variedade de questões que colocam e nas soluções potenciais que podem ser exploradas;

- Tornam a aprendizagem mais fácil porque permitem actividades de detecção e correcção de erros (*bug/debugging*);

- Permitem a concepção e construção de produtos: um programa de computador, uma composição musical, uma peça de *software*, etc.

### 3.2.5. Ambientes de Programação

Sobre os ambientes de programação não vamos dizer quase nada, porque o capítulo seguinte (cap. 3) é exclusivamente dedicado à programação informática. Nele referiremos os vários tipos de ambientes actualmente existentes e detalharemos o ambiente LOGO, porque foi o utilizado no nosso trabalho empírico.

### 3.2.6. Ferramentas de Aplicação

Exemplos de ferramentas de aplicação são, como vimos, os programas de processamento de texto, as base de dados, os programas de gráficos, as folhas de cálculo, os programas de estatística, os materiais de laboratório (*Micro-computer-Based Laboratory materials* - MBL) e as linguagens de autor. A maioria destes programas foram concebidos para responder a necessidades empresariais, exceptuando os MBL e as linguagens de autor. As suas versões educativas são geralmente versões simplificadas das utilizadas nas empresas e mundo dos negócios.

Apesar de algumas destas ferramentas serem as mais utilizadas no ensino (a título de exemplo, Becker, 1989, refere os processadores de texto nas escolas secundárias americanas), Ferguson considera que tem havido sobre elas poucos estudos sistemáticos. Para este autor, as questões a que futuras investigações deveriam responder são as seguintes:

— que modelos cognitivos estão subjacentes ao desenho destas ferramentas informáticas? É preciso não esquecer que cada uma delas se baseia em princípios ou concepções sobre as características psicológicas e fisiológicas dos utilizadores. Precisamos, por isso, de clarificar estes princípios e concepções e questionar a sua validade. Mendelsohn (1991) diz que o princípio fundamental, que guia o desenho e a aprendizagem destas ferramentas de aplicação, é a analogia com os sistemas de tratamento de informação convencionais (por exemplo, nos programas de tratamento de texto existe uma analogia com o modo tradicional de aprender a escrever, o que não tem evitado problemas práticos de aprendizagem deste novo sistema de tratamento da informação).

## II - POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DOS PROGRAMAS

Como acabamos de ver, são muito variados, em objectivos e estratégias, os programas informáticos que podem ser usados no ensino. Embora uns estejam mais nitidamente vocacionados para uma utilização tutorial e outros para um uso instrumental, podemos dizer que a tipologia dos programas não recobre a das perspectivas de utilização.

Sabe-se hoje que a ecologia da vida da classe e mesmo da escola considerada como um todo, condicionam a utilização dos computadores e programas informáticos. Como mostrou o estudo etnográfico realizado por Schofield (1995) numa escola típica americana, os professores, os alunos, os currículos e os processos que se desenvolvem na classe modificam o uso do computador e dos programas de modos não antecipados, quer pelos autores da tecnologia quer pelos decisores que foram responsáveis pela presença dos computadores na escola.

Sabe-se também que apesar das novas potencialidades dos computadores, estes precisam de ser inseridos em ambientes de aprendizagem com características que elicitam nos alunos processos de aquisição de conhecimentos necessários para atingir os objectivos educacionais fixados. Necessitam designadamente de operadores competentes para funcionarem eficazmente (Salomon, 1993). Com efeito, muitos professores têm dificuldades em explorar as virtualidades do computador e em escolher e utilizar os programas que lhes permitam ensinar determinados conteúdos.

Por outro lado é preciso questionar e modificar a organização do processo de ensino, de modo a tornar a aprendizagem mais eficaz. E esta só é possível se os alunos estiverem envolvidos a construir conhecimento significativo, de um modo cumulativo, reflectido, intencional e tendo em vista atingir determinados objectivos (Simons, 1993; De Corte, 1994). Para que isso aconteça é necessário reformular os currículos e a organização do espaço escolar, tornando a aprendizagem mais activa, de modo a que os alunos construam o seu conhecimento mais do que relembrem aquele que foi transmitido pelo professor.



A estratégia de introduzir os computadores nas escolas, mantendo intacta a concepção e organização do processo de ensino/aprendizagem não se tem mostrado eficaz (como vários estudos o comprovam).

Mas, como cada programa informático encerra em si-próprio determinadas características e possibilidades de utilização, vamos passar em revista os mais importantes e actuais, referindo, para os que existe informação disponível, o modo como têm sido usados nas escolas.

### **Sistemas Tutoriais Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems*) - ITS**

Uma das actuais linhas de investigação sobre os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem de actividades complexas, que se nos afigura como das mais interessantes, é a que é desenvolvida pelos investigadores que trabalham com os "*Intelligent Tutoring Systems*" (ITS).

Paralelamente à introdução, em grande escala, dos computadores na educação, alguns investigadores da denominada ciência cognitiva, interessados na aprendizagem feita por intermédio de uma instrução explícita, investiram muito dos seus esforços no desenho de ITS. O desenvolvimento destes sistemas implicam uma investigação interdisciplinar, onde os especialistas da Inteligência Artificial (AI), os psicólogos cognitivistas e os especialistas da didáctica das várias disciplinas desempenham um papel central.

Porque será importante o desenvolvimento destes sistemas para a educação? O que trarão de novo face ao CAI (que não têm desenvolvido nos alunos *skills* cognitivos de alto nível) e face aos sistemas informáticos de estrutura aberta e exploratória como os micromundos (que não tem favorecido a aprendizagem de conhecimentos temáticos organizados)? É o que tentaremos analisar.

## O que são os Sistemas Tutoriais Inteligentes?

Segundo Mendelsohn (1991), a par de outras características, os ITS são sistemas que permitem realizar a síntese entre os programas abertos, de exploração livre e construção progressiva de conhecimentos e os programas fechados, de natureza temática e que orientam o aluno de uma forma directa. O objectivo destes sistemas é o de conjugar as vantagens dos dois sistemas anteriores, eliminando ao máximo as suas desvantagens, permitindo ao aluno transformar, economizando tempo, as suas experiências de aprendizagem em conhecimentos organizados.

Na actualidade existe uma grande diversidade de ITS que foram e estão a ser desenvolvidos por várias equipas de investigadores, sobretudo nos EUA. Estes sistemas funcionam, na sua maioria, como protótipos de investigação, pois visam implementar num sistema informático conhecimentos e princípios da aprendizagem, permitindo, deste modo testar teorias nesta área. Mas vejamos brevemente as componentes comuns a todos eles.

Geralmente, e embora a sua arquitectura de base possa ser diferente, os Sistemas Tutoriais Inteligentes, segundo Mandel & Lesgold (1988) têm quatro componentes: (1) a componente de conhecimento\_especializado (*the expert knowledge component*), (2) a componente do modelo do aluno (*the learner modeling component*), (3) a componente de planeamento tutorial (*the tutorial planning component*), e (4) a componente de comunicação (*the communication component*).

A componente de conhecimento especializado incluiu o conhecimento que os especialistas (*experts*) de um dado domínio possuem e controlam, ou seja, os factos, conceitos e as regras de um dado domínio. O conhecimento *expert* é representado de várias maneiras como, por exemplo, redes semânticas, *frames*, *scripts* e sistemas de produção. Deve incluir não só um conhecimento superficial (*surface knowledge*) mas também a capacidade de representar o conhecimento, que é uma parte essencial do domínio especializado de uma dada área, ou seja, a capacidade de construir uma

representação implícita a partir de dados de observação explícita e outro tipo de informação.

Segundo Mandl & Lesgold (1988) existem duas maneiras de representar o conhecimento especializado num tutor. Nos primeiros sistemas tutoriais que surgiram durante as décadas de 60 e 70, esse conhecimento estava contido numa "caixa negra", à qual o aluno não tinha acesso. Estes primeiros sistemas podiam responder a qualquer questão posta pelo aluno numa parte da lição, mas não podiam explicar-lhe o porquê das suas respostas. Estas explicações são muito importantes para a aquisição do conhecimento especializado. Por isso, os actuais sistemas tutoriais tendem a representar o conhecimento de um modo mais directamente relacionado com as capacidades humanas, dando mais oportunidades de explicações ao sujeito-aprendiz. Esta nova maneira de representar o conhecimento é denominada por Goldstein & Papert (1977) como "modelos de caixa de vidro", querendo com isto significar a maior transparência do conhecimento representado no sistema computacional. Os ITS actuais, alguns dos quais iremos descrever, tentam implementar esta concepção.

A componente do modelo do aluno refere-se à representação dinâmica dos conhecimentos e *skills* emergentes. Esta componente requer, por isso, uma capacidade de diagnóstico que possa deduzir os conhecimentos que o aluno possui a partir das suas interacções com o sistema.

Hoje sabemos, a partir dos resultados das investigações da aprendizagem por instrução (*research on learning and instruction*), que o conhecimento prévio do aluno num dado domínio é um forte condicionante da sua aprendizagem futura. A instrução deve basear-se e estar estreitamente relacionada com o conhecimento que cada aluno possui à partida. Ora os ITS levam este princípio a sério, pois uma das suas componentes essenciais é o modelo do aluno (Wenger, 1987), cuja construção é, no entanto, uma das tarefas mais difíceis para o técnicos e investigadores que desenvolvem estes sistemas.

Ainda não está claro até onde se devem levar estes modelos e quão flexíveis e diagnósticos devem ser, tendo em vista a orientação apropriada do aluno. Putnam (1987; citado por De Corte, 1993) é da opinião que um modelo detalhado do conhecimento do aluno é um pré-requisito para uma instrução

com sucesso. De Corte (1993) não encontra evidências empíricas que validem este modelo, denominado modelo de diagnóstico-remediação (*diagnostic-remedial model*). Os professores eficientes não tentam construir modelos detalhados dos procedimentos errados das crianças como base para uma instrução "remediativa". Mendelsohn (1991) considera que este problema foi, em grande medida, resolvido por Self (1988) ao propôr o abandono da ideia de construir um modelo perfeito do aluno. A sua argumentação gira em torno de dois aspectos: a) é difícil obter um resultado satisfatório para resolver este problema devido ao estado actual dos nossos conhecimentos sobre os processos cognitivos utilizados pelo aluno; b) não será melhor dar ao aluno um máximo de meios possível, isto é, uma interface inteligente, que lhe permita exprimir o que está a tentar fazer? Estas ideias propostas por Self permitem, segundo Mendelsohn, não só resolver este problema, como obter preciosos dados sobre as estratégias utilizadas pelo aluno nas suas tentativas de resolver as situações propostas, contribuindo ainda para o ajudar a reflectir sobre as suas próprias acções, o que tem grandes vantagens em termos de aquisições. Estas ideias estão próximas da tese de Kintsch (1991) que propôs o desenvolvimento de "*Unintelligent Tutoring Systems*", isto é, sistemas que fornecessem um apoio temporário e selectivo aos alunos de modo a que estes funcionem num nível acima do seu nível corrente de realização. Num sistema destes, o papel do tutor não seria o de fornecer os processos inteligentes que guiam a aprendizagem como, por exemplo, planear e monitorizar os progressos dos alunos, porque estas actividades são as que estes devem realizar por si de modo a aprender.

Tal como no caso anterior existem várias maneiras de concretizar esta componente do modelo do aluno (exemplo disso são os recentes sistemas prototípicos). Um delas é através do *overlay model*, que representa o conhecimento do aluno como um sub-conjunto do conhecimento especializado (Carr & Goldstein, 1977). Segundo Mandel & Lesgold (1988) este modelo só é útil quando esse conhecimento é representado de uma forma que tenha em conta as capacidades e limitações da aprendizagem e realizações humanas.

Uma abordagem alternativa é a inclusão de *desvios* do conhecimento especializado no modelo do aluno, pois sabe-se hoje que os alunos fazem inferências incorrectas e cometem erros sistemáticos (Brown & Burton, 1978).

Existem várias maneiras de concretizar esta abordagem. Por exemplo, seguindo a teoria de aquisição de Anderson (1983), podemos representar os *desvios* como generalizações incorrectas ou como condições diferenciadas na produção de regras. Podemos também focar-nos no modelo mental como unidade de conhecimento, com possíveis *desvios* do modelo especializado (White & Frederiksen, 1986).

A componente de planeamento tutorial é a parte do sistema que desenha e regula as interacções instrutivas com o aluno. Está intimamente relacionada com a componente do modelo do aluno, pois conjuga a informação que dele obteve com a sua própria componente tutorial (finalidade do sistema tutorial) para decidir as actividades instrutivas que devem ser apresentadas: sugestões para ultrapassar impasses na realização da actividade ou problema, conselhos e suporte instrutivo, explicações, novo material a ser aprendido, tarefas ou exercícios práticos, testes para confirmar o modelo do aluno, etc. Esta componente é a fonte e o gestor das intervenções pedagógicas. É um dos aspectos fundamentais destes sistemas, pois a natureza da orientação fornecida ao aluno é de capital importância no seu processo de aprendizagem.

Uma distinção importante nas estratégias tutoriais é entre as estratégias directivas e as de descoberta ou, como as designam Mandel & Lesgold (1988) entre uma aprendizagem didáctica (ser ensinado) e uma outra definida pela descoberta guiada (aprender a partir da experiência). Qualquer uma delas tem vantagens e desvantagens.

As vantagens das abordagens mais didácticas é que orientam o aluno para objectivos bem delimitados. No entanto, retiram-lhe a liberdade para ensaiar as suas próprias estratégias, testar o que sabe e construir novo conhecimento com base nas suas interacções com o sistema informático. Esta é uma das características dos sistemas que usam uma estratégia pela descoberta. Contudo, esta tem o inconveniente de, muitas vezes, levar os alunos a ensaiar processos e seguir caminhos errados e não compensadores. Existe também o perigo dos alunos demorarem muito tempo a fazer certas descobertas elementares, inerentes à própria utilização do sistema. Daí que, actualmente, muitos dos sistemas abertos adoptem uma estratégia de

descoberta guiada. Contudo, modelar o conhecimento do aluno nestes sistemas é muito difícil, devido ao aumento de graus de liberdade.

A quarta e última componente dos ITS é a componente de comunicação, que controla as interacções entre o sistema e o aprendiz, e que actualmente se designa por interface, área onde se tem investido um grande esforço investigativo. A maioria dos actuais sistemas tutoriais inteligentes comunica com os alunos sobretudo através de gráficos, pois torna a comunicação mais concreta e atraente para o aluno. Mandl e Lesgold (1988) pensam que os ITS do futuro, pelo menos do futuro próximo, irão continuar a interagir com o aluno sobretudo desse modo, pois a capacidade dos computadores para reconhecer e gerar a linguagem escrita e falada, embora se torne cada vez mais possível, ainda está num grau de experimentação e exige um trabalho computacional intensivo. De um ponto de vista psicológico este aspecto é surpreendente pois existem muitos mais resultados de investigação sobre o processamento da informação verbal do que sobre a percepção e interacção com gráficos o que, à partida, poderia ter favorecido a implementação daquela interface. (Vários esforços científicos e técnicos estão a ser realizados para superar o problema).

### **Descrição de alguns sistemas tutoriais inteligentes**

Iremos dar alguns exemplos de sistemas tutoriais inteligentes para tomar 'visível' o que acabou de ser dito. Escolhemos o *Geometry Tutor* de Anderson, Boyle & Reiser (1985), o *Algebraland* de J. S. Brown (1985) e o *Memolab* de Mendelsohn et al. (1991- 199.).

Os dois primeiros ITS, são tentativas de implementação do modelo ACT\* de Anderson (baseado na teoria dos sistemas de produção) a conteúdos específicos. O *Algebraland* incide no ensino/aprendizagem de expressões algébricas e o *Geometry Tutor* visa a aprendizagem de demonstrações em geometria (*geometry proofs*). Estes sistemas, tal como outros ITS, são formados pelas quatro componentes já referidas: uma do conhecimento especializado do domínio sobre que recai o sistema, uma outra tutorial, que

nestes sistemas barrocos é muito forte, uma componente do modelo do aluno que vai sendo formada a partir das interações deste com o sistema e a última de comunicação entre o sistema e o aluno. Como interagem estas componentes quando o aluno utiliza estes sistemas? Esquemáticamente, estes permitem:

- a) comparar os seus processos de resolução com os utilizados pelos especialistas do domínio (modelação de processos de resolução);
- b) construir abstracções sobre os processos utilizados nas tentativas de resolver os problemas, através da comparação de múltiplas realizações;
- c) desenvolver estratégias metacognitivas a partir das abstracções que vão sendo elaboradas pelo sistema com base nas várias tentativas feitas pelo aluno na resolução dos problemas;
- d) reconfigurar um processo de representação, pois o aluno pode ver juntos aspectos do processo de realização que estavam dispersos e observar o próprio processo sob várias perspectivas, pois estes sistemas permitem a reificação (*reification*) do processo de realização.

Estas quatro componentes, permitem uma reflexão sobre o próprio processo de resolução de problemas utilizado por cada aluno, a comparação deste com a de outros alunos que interagem com o sistema e ainda com os processos de realização dos especialistas. Segundo Collins e Brown (1988), a possibilidade que estes sistemas oferecem de registar e refazer os processos que os alunos usam, tornam-nos objecto de reflexão, de anotação e de comunicação com os outros. Os alunos podem assim pensar sobre os seus processos de aprendizagem e de resolução de problemas de um modo que outros meios mais habituais não permitem.

#### O *Geometry Tutor* de Anderson et al. (1985)

Este sistema desenvolvido por J. Anderson e colaboradores foi concebido para apoiar os alunos na aprendizagem da geometria (demonstrações de teoremas). A componente de conhecimento especializado

tem o saber necessário para construir uma grande variedade de demonstrações geométricas. Contém mais de 300 regras 'if-then' [condição → acção, ou seja, SEMPRE (condição) É SATISFEITA, REALIZA (acção)], típicas dos sistemas de produção, que englobam as definições, axiomas e teoremas necessários para resolver os 192 problemas propostos pelo sistema. Muitas destas regras são acompanhadas por heurísticas que indicam aos alunos as situações nas quais estas regras devem ser usadas. Dadas as premissas, surge no ecrã um problema em forma de diagrama e a conclusão que deverá ser atingida pelo aluno. Esta componente contém ainda informação sobre os 'erros' mais comuns.

A componente tutorial usa a informação dada pela componente anterior (de conhecimento especializado) e a informação fornecida pelo aluno para o guiar no desenvolvimento da demonstração. Fornece tanto a informação que é solicitada directamente como outra que o tutor ache pertinente. Por exemplo, um aluno que não saiba como sair de um impasse pode pedir ao tutor que lhe faça uma revisão da matéria ou lhe forneça uma pista.

A componente de comunicação do aluno com o sistema é composta de um teclado, um 'rato' ou a combinação dos dois. Contudo, a interface deste sistema foi concebida de modo a permitir aos alunos que o desejem um uso mais extensivo do 'rato'. Por exemplo, está disponível um "menu" que contém os símbolos necessários para introduzir no sistema as expressões geométricas a serem demonstradas, sem necessidade de usar o teclado. Depois disso surgem na base do ecrã os dados do problema a ser resolvido e na topo as expressões a serem demonstradas, conjuntamente com um diagrama, como se mostra no exemplo da figura. 2-3. Para resolver o problema, os alunos podem trabalhar, quer a partir desta expressão (cadeia no sentido directo), quer a partir do objectivo final (cadeia no sentido inverso), i.e., a partir do que tem de ser provado, como se ilustra nas figuras 2-3a.e 2-3b.



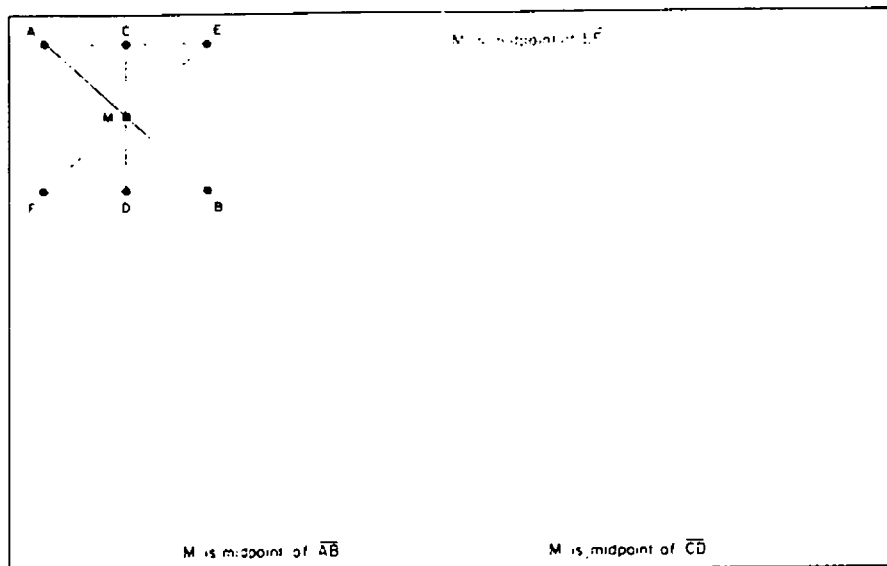
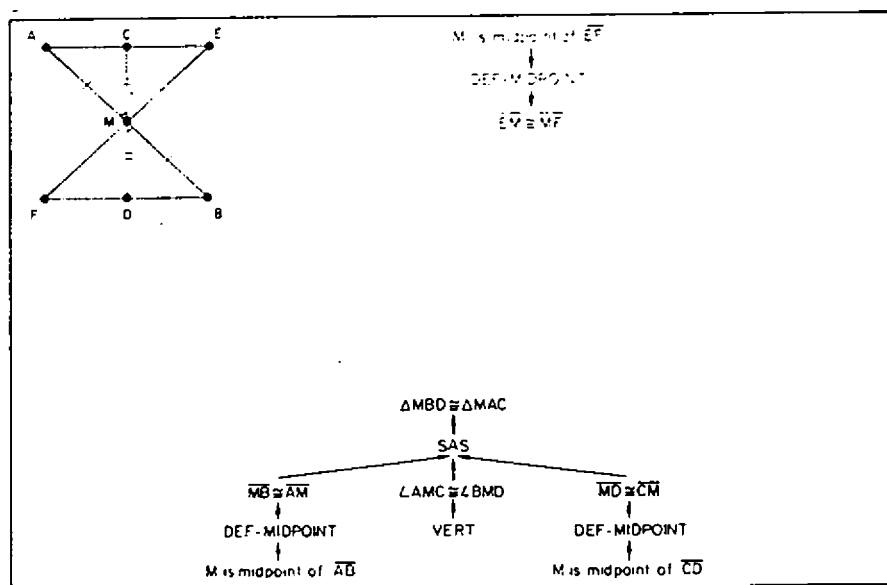
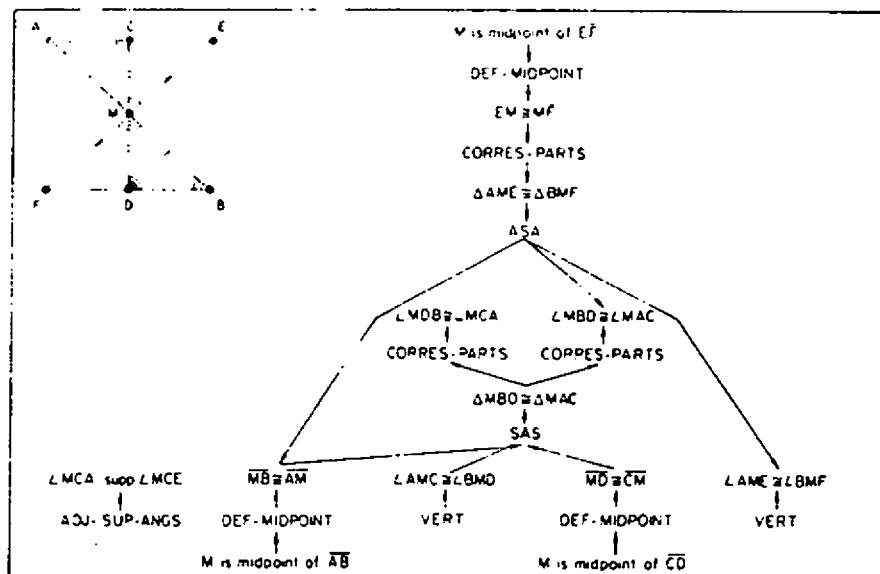


Fig. 2-3: Representação do problema inicial no Geometry Tutor (Retirado de Allan Collins et John S. Brown (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl et A Lesgold. *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. N.Y.: Springer-Verlag, p. 8)



(3a)

(3b)



Figs. 2-3a e 23b : Representação no meio da resolução do problema (4a) e Representação no fim da resolução (4b). (Allan Collins et John S. Brown (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl et A. Lesgold. *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. N.Y.: Springer-Verlag, p. 8-9)

O sistema alterna operadores e estados no diagrama que vai construindo. O aluno pode assim analisar os processos utilizados na resolução de problemas. A diferença fundamental face ao tradicional método de provar teoremas de geometria no papel, é que o raciocínio demonstrativo (dedutivo), não se faz passo-a-passo, a partir da expressão dada até à(s) expressão(ões) a serem provadas, mas através de uma cadeia associativa que se concretiza de cima para baixo (*forward chaining*) e de baixo para cima (*backward chaining*). Segundo Anderson et al. (1985) este processo de resolução está mais próximo do modo como os matemáticos fazem demonstrações de teoremas de geometria.

A análise da utilização deste sistema tutorial inteligente em meio escolar foi feita por Schofield no trabalho já mencionado. Estudou e comparou oito classes onde este sistema foi utilizado por professores de geometria, com duas classes ensinadas pelos mesmos professores mas sem a presença do Tutor (GPTutor), e ainda com três classes ensinadas pelos restantes professores

dessa disciplina, mas que nunca utilizaram o Sistema. Estas são designadas por 'classes de comparação', enquanto que as outras duas são consideradas 'classes de controlo'.

A conclusão a que chegou esta investigadora foi a de que, quando o GPTutor não era usado (quer porque nunca o tinha sido ou porque não foi possível utilizá-lo nesse dia), todos os professores de geometria tinham uma abordagem instrutiva tradicional, quer dizer, similar às descritas em numerosos estudos feitos em várias escolas americanas.

Geralmente as aulas começavam com uma revisão do trabalho de casa, liderado pelo professor que se colocava em frente de toda a classe, para realizar os problemas no quadro com o apoio dos alunos ou seleccionado alguns deles para escreverem no quadro as soluções que tinham encontrado. Depois os alunos trabalhavam nestes problemas. Seguidamente o professor introduzia um novo assunto ou revia matérias já dadas, utilizando o método expositivo para toda a classe. A exposição era pontuada por perguntas do professor a que os alunos deveriam responder e questões dos alunos ao professor. Com refere Schofield: *"estas questões eram geralmente respondidas pelo professor mais do que usadas para estimular a discussão e a participação de outros alunos"* (p. 27). Depois, o professor dava um conjunto de problemas a serem resolvidos pelos alunos nos seus lugares. Enquanto eles trabalhavam, o professor ficava no seu lugar aguardando as dúvidas ou circulava, inspeccionando o seu trabalho e comentando num tom de voz audível por toda a classe. Como refere a autora, citando o trabalho efectuado por Goodlad (1984) em mais de 1.000 escolas americanas, estas características de ensino são similares à de muitos outros professores. Entre elas salienta: o alvo do processo de ensino/aprendizagem é o grupo/classe considerado como um todo; o professor funciona como a figura *pivot* no grupo; as normas que governam o comportamento dos alunos são consistentes com o tipo de controlo da aprendizagem mantido pelo professor. A única diferença encontrada pela autora foi no clima emocional das classes. Este era relativamente descontraído ao contrário dos encontrados por Goodlad que eram ou marcadamente hostis ou calorosos.

Que tipo de mudanças produziu a utilização do GPTutor nas oito classes que o usaram?

Embora, como refere a autora, alguns padrões de mudança fossem mais visíveis numas classes do que noutras, todas apresentaram alterações no comportamento dos professores e dos alunos.

Os professores começaram a dar mais tempo aos alunos lentos, a agir de um modo colaborativo, a conceder mais apoio individualizado e a ter em conta o empenho e persistência dos alunos na avaliação da aprendizagem.

Os alunos mostraram um nítido aumento de envolvimento nas tarefas, o que parecia dever-se à confluência de vários factores, incluindo um saudável aumento de competição entre-pares, um sentimento de desafio e um maior gosto pelas aulas de geometria. Segundo Schofield, estes factores contribuíram concerteza para o impacto positivo que este Sistema teve na capacidade dos alunos fazerem demonstrações de geometria.

Parece pois, que nesta escola estudada por Schofield, este Sistema Tutorial Inteligente introduziu mudanças positivas no processo de ensino/aprendizagem. Contudo, estes sistemas são mais a excepção do que a regra da utilização dos computadores nas escolas. Casos há em que as mudanças não são as esperadas. Como refere a autora. *“os efeitos da utilização do computador, dependem de um conjunto de factores, incluindo o tipo de software usado, os alunos que o utilizam, o contexto físico e social em que os computadores são usados e as práticas educativas anteriores à sua introdução”* (p. 61).

#### O Memolab: um sistema híbrido (Mendelsohn e colaboradores, 1991- ....)

O *Memolab* é a designação, dada por Mendelsohn e colaboradores, à implementação de um ambiente de aprendizagem inteligente, um sistema prototípico, que permitirá às pessoas que com ele interagirem, aprender o método experimental em ciências humanas. O conteúdo específico deste sistema recai sobre os paradigmas da memória humana. As principais características deste sistema, à semelhança de outros ITS, são tentativas de operacionalizar e ao mesmo tempo testar (e investigar) modelos de funcionamento cognitivo. Como se trata de um modelo híbrido, os criadores do *Memolab*, implementaram integral ou parcialmente princípios de aprendizagem ou aspectos de teorias e modelos de funcionamento cognitivo. É assim que, o

pólo tutorial do sistema foi modelado na teoria ACT\* de Anderson (1983) e mais particularmente nas implementações feitas pelo autor em parceria com Reiser (1985) no “*Geometry Tutor*” e no “*Lisp Tutor*”, dois dos sistemas tutoriais mais bem conseguidos. Dos micromundos, o *Memolab*, retirou a concepção construtivista do desenvolvimento proposta por Papert (1980) no seu ambiente LOGO. O *Memolab* foi ainda buscar alguns aspectos do ensino programado, que nada mais são do que uma réplica fiel das concepções *behavioristas* da aprendizagem de Skinner. A estas dimensões que representam três eixos do esquema implementado no *Memolab*, os seus criadores acrescentaram outros projectos, à semelhança de outros ITS, que são tentativas de implementar fragmentos de modelos de funcionamento cognitivo.

Como os outros ITS, o *Memolab* é composto por 4 elementos:

- uma linguagem de comandos, que permite a construção de objectos de complexidade crescente num domínio bem delimitado de conhecimento (o método experimental em ciências humanas aplicado ao estudo da memória);
- uma componente de guia do aluno, implementado na forma de agentes especializados;
- um conjunto de problemas tipo a resolver, à semelhança do que acontece nos sistemas tutoriais clássicos, para assegurar a formação de “esquemas” (cadeia associativa de conceitos e procedimentos);
- um conjunto de programas de apoio à realização do trabalho do aluno, entre eles, um hipertexto sobre o domínio de conhecimentos em que recai o sistema (teoria da memória humana), um bloco de notas para aliviar a memória de trabalho, calculadoras especializadas, editor de esquemas ...

(Mendelsohn et al., 1993).

Segundo Mendelsohn (1991) um ILE (*Intelligent Learning Environment*), como o *Memolab*, deverá favorecer uma representação fiel e inteligente<sup>2</sup> das acções que o sujeito realiza ao interagir com o sistema. Este deve, por isso, reflectir as actividades do aluno nesse ambiente, isto é, todas as formas de representação gráfica ou simbólica que lhe permitem manipular a interpretação que a componente tutorial faz dos conhecimentos e dos metaconhecimentos. Esta possibilidade de reflectir as acções do sujeito, transformando-as em

objectos manipuláveis, já considerada por Collins e Brown (1988), como um dos aspectos únicos do computador pode ainda servir, segundo Mendelsohn, para facilitar a transferência das aprendizagens feitas para outras situações. Mas como operacionalizar esta ideia? Mendelsohn et al. sugerem e estão a tentar implementar no *Memolab*, três pistas: representação das macro-acções, selecção de esquemas e controle da hierarquia das estruturas finalizadas.

Primeiro, no ILE *Memolab*, é o próprio sujeito a descrever, recorrendo à linguagem de comandos do sistema, as operações sucessivas que efectua na construção do seu plano de experiências. A representação efectuada pelo sistema a partir destas acções é interpretativa, isto é, não fornece uma história sequencial dos comandos utilizados pelo sujeito, como acontece na linguagem LOGO. Dá, pelo contrário, um organigrama das sequências temáticas das acções do sujeito

Segundo, no *Memolab* há uma componente de apoio que diz respeito às relações entre o conceito de reflexão e de transferência. A ideia consiste em apoiar o aluno a elaborar esquemas paradigmáticos a partir das invariantes de estrutura que é levado a manipular na construção de um plano de experiência (propriedades da variável dependente e fontes de variação). O sujeito fica assim com um banco de dados de esquemas pessoais à sua disposição que podem ser reutilizados e recompostos de várias maneiras e que lhe permitem resolver novos problemas.

Terceiro, no *Memolab*, o sujeito dispõe de um mecanismo de *reuniterização* (*reuniterisation*) semelhante ao proposto por Case (1985) no seu modelo de desenvolvimento cognitivo. Este procedimento denominado de "linguagem shift" é posto em prática em duas etapas: a) quando o sujeito interage com o sistema utiliza uma linguagem de comandos, que lhe permite construir experiências virtuais; ao mesmo tempo, pode observar os efeitos que produziu o seu plano de experiência virtual, através de uma linguagem de descrição (vd, fv, plano emparelhado, paradigma); b) uma "linguagem shift" é produzida quando o sujeito pode utilizar a linguagem de descrição fornecida pelo sistema como uma linguagem de comandos. Este segundo estágio, corresponde ao domínio de uma nova conceptualização do domínio ensinado. O sistema que está a ser desenvolvido no *Memolab* permite ainda pôr à prova a riqueza e complexidade dos processos cognitivos implicados no ensino de

uma disciplina, como por exemplo, os mecanismos de descoberta, o treino, o raciocínio por analogia e a orientação das acções do sujeito.

### Os CD-ROM's

Existe hoje uma grande quantidade de CD-ROM's embora, na sua maioria, em língua inglesa. Este aspecto limita o acesso de muitas crianças e jovens portugueses a estes novos meios de consulta de informação. Muitos contêm informação genérica como, por exemplo, as enciclopédias, os atlas e os dicionários, mas outros são já muito específicos e destinam-se ao ensino, cobrindo áreas temáticas precisas. Neles os alunos podem procurar informação sobre os mais diversos tópicos, em texto, imagem, som, vídeo, esquemas e gráficos, imprimir o que lhes interessa e mesmo compor informação segundo os seus interesses e necessidades.

Vejamos alguns exemplos de CD-ROM's já existentes e a sua possível evolução.

Os dois exemplos que se seguem foram retirados de Lévy (1990). O primeiro chama-se o "Motor" e o segundo "Cícero".

#### "Motor"

*"Um aprendiz de mecânico vê surgir no ecrã que tem diante de si o esquema, em três dimensões, de um motor. Com o auxílio de um cursor comandado por um "rato", aponta uma das peças do motor. Então a peça muda de cor e o seu nome, carburador por exemplo, surge no monitor. O jovem mecânico volta a seleccionar o carburador. A peça aumenta de volume, até ocupar todo o ecrã. O aprendiz escolhe no menu a opção "animação". Um filme de síntese em câmara lenta mostra então o interior do carburador, quando este está a funcionar, sendo os fluxos de gasolina, de ar, etc., representados por cores diferentes, de modo a que seja fácil compreender os seus respectivos papéis. Enquanto o filme é mostrado, uma voz "off" explica o funcionamento interno do carburador, expõe o papel que este desempenha na organização geral do motor, evoca as possíveis avarias, etc. (...). Se tivesse escolhido*

a opção "simulação de avarias" em vez de "mostrar", teria visto desenrolar-se um pequeno filme representando um cliente que descreve ruídos estranhos e as deficiências de funcionamento do seu automóvel que o levaram a procurar uma oficina. Depois disto, o nosso aprendiz poderia escolher entre um certo número de testes, ensaios e verificações para determinar com precisão qual a avaria e como a reparar (...). Em 1990, todos os dados necessários ao funcionamento deste sistema de apoio à aprendizagem da mecânica automóvel podia caber num disco compacto com alguns centímetros de diâmetro e funcionar num microcomputador topo de gama. É fácil de imaginar este tipo de bancos de dados interactivos nos diversos ramos da engenharia ou da medicina" (p. 41).

### "Cícero"

*Cícero é um programa que permite explorar vários aspectos da civilização romana: períodos, personagens, textos, visita guiada a Roma, etc. O programa pode ser adquirido pelos alunos ou existir na biblioteca da escola, à qual os alunos acedem por modem.*

*Imaginemos que o professor de civilização latina pede aos alunos que preparem um trabalho, a ser apresentado na aula, sobre os divertimentos em Roma. Imaginemos ainda uma aluna diante do ecrã de um terminal numa das salas da escola ou em sua casa diante do seu computador pessoal. Depois de chamar o programa Cícero, aparecem diversos ícones dispostos no ecrã indicando-lhe os possíveis modos de exploração da civilização romana. A aluna escolhe a visita guiada. O programa pergunta-lhe qual o tema da visita. Depois de escrever divertimentos, surge um mapa da Roma do séc. II d.C., com os parques assinalados a verde, as termas a azul, os teatros a amarelo e os circos a vermelho. O nome de cada local está indicado em maiúsculas pequenas. A aluna selecciona o teatro Marcellus, a oeste do campo de Marte, porque detectou naquele sector uma forte concentração de teatros: situam-se ali os de Pompeia e de Balbu. O programa faz agora um "zoom" para o local seleccionado. Perto do teatro Marcellus encontram-se alguns personagens em trajes romanos: um guia, um professor de latim, um gravador de livros, etc. Ela escolhe o guia e pede-lhe uma introdução geral á arte dramática de Roma. A viagem continua, de acordo com as escolhas da aluna. Ela pode ler textos sobre o teatro Marcellus, ver a maquete do teatro reconstruído, ouvir as particularidades arquitectónicas do monumento, etc. Depois de ter visitado este e mais cinco teatros por meio deste*



*processo exploratório, a aluna relê as notas que tomou durante a visita (no bloco de notas). Estas notas são transferidas directamente para os seus ficheiros pessoais de textos e imagens, dos quais se poderá servir ou citar quando tiver que escrever um trabalho ou exercício escolar. Ao abandonar o programa mas antes de o fechar, a aluna deixa uma marca que lhe permitirá voltar automaticamente à última passagem que leu. Quando for a altura de apresentar os trabalhos na aula, cada aluno ou pequenos grupos de alunos, terão qualquer coisa diferente a partilhar com os outros: uns terão visitado as termas, outros terão visitado ao teatros, outros ainda terão lido e comentado no programa Cícero passagens de obras modernas sobre os jogos de circo em Roma, etc. (p. 41-43).*

Este exemplo foi retirado de vivências pessoais. Vamos designá-lo por "Animais em vias de extinção".

#### "Animais em vias de extinção"

*A professora de Ciências da Natureza, de uma turma do 6º ano, pediu aos alunos que escolhessem, em pequenos grupos, um entre vários temas sobre "ecologia", para elaborarem trabalhos a serem apresentados na aula. Um dos grupos escolheu os animais em vias de extinção. Antes de existirem os CD-ROM's o trabalho seria difícil de realizar e demoraria muito tempo. Mas actualmente já não é assim. Este pequeno grupo de alunos consultou vários CD-ROM's uma enciclopédia multimédia, um programa sobre animais selvagens, outro sobre animais domésticos. Os programas, como os anteriores, apresentam a informação em texto, som, imagens e pequenos vídeos. Recolheram toda a informação pertinente, as imagens para ilustrar o texto e a bibliografia. Copiaram esta informação para um ficheiro pessoal, modificaram-na e deram-lhe a sequência desejada, introduziram as imagens apropriadas e referiram a bibliografia. Em duas tardes de trabalho intenso mas divertido, chegaram a um produto final bem feito e actualizado. Durante o percurso, as crianças estiveram activas a procurar informação, a seleccionar a mais adequada ao trabalho em causa, a conhecer factos e ideias. Aprenderam ainda a trabalhar em grupo, i.e., a colaborar e a ter "orgulho" num produto final que é agradável e pode ser útil para outros.*

Terminamos com um exemplo retirado do penúltimo livro de Seymour Papert *"The Children's Machine — Rethinking School in the Age of the Computer"* publicado em 1992, nos E.U.A., pela Basic Books, pois ele permite-nos dar o salto para o futuro dos CD-ROM's, para as redes e a Internet e para o papel que podem desempenhar na escola.

*"A história que se segue, é uma mistura de factos e fantasia, que me ajudará a ilustrar onde desejo chegar com este livro.*

*A parte factual envolve um encontro que tive com uma pequena de quatro anos. Jennifer ouviu dizer que eu tinha crescido em África e perguntou-me se eu sabia como dormiam as girafas. "Elas têm uns pescoços tão grandes", disse ela, e eu queria saber onde põem as cabeças quando dormem. Eu respondi-lhe (verdadeiramente) que não sabia, e perguntei-lhe o que pensava. Ela explicou o seu problema com um gesto de aconchego da cabeça nos braços cruzados: "o meu cão aninha a cabeça quando dorme e eu também, mas a cabeça da girafa está tão longe". Prossegui a conversa com outras crianças que se nos associaram, e juntei aos poucos uma "mão-cheia" de boas teorias (...) Nessa tarde, ao voltar a casa, ainda estimulado pela conversa com as crianças, lancei-me na exploração das girafas com a intensidade e talvez a imediaticidade das interacções de Jennifer com o seu boneco.*

*Não possuo uma girafa de estimação, mas tenho uma biblioteca de livros. Em breve alguns deles estavam espalhados na minha área de trabalho, enquanto eu continuava, com diversões pelo caminho, uma recompensadora "caçada" à informação sobre os hábitos de sono das girafas. Fui capaz de explorar este mundo porque os livros deram-me, sem demora, essa possibilidade.*

*Até há bem pouco tempo, teria parecido insensato perguntar porque é que esta possibilidade não poderia ser acessível a Jennifer. As crianças desta idade não sabem ler, e mesmo que o soubessem não seriam capazes de realizar esta espécie de procura. Mas esta resposta já não é convincente. Não existe nenhum obstáculo técnico que impossibilite a construção de uma máquina — vamos chamar-lhe Máquina de Conhecimento — que colocaria o poder de saber o que os outros sabem nas mãos de Jennifer. Foi quase à vinte anos que o meu colega do MIT Nicholas Negroponte construiu uma máquina que permitia a exploração vicariante da pequena cidade de Aspen, no Colorado, por meio de um computador. Exemplos extremamente primitivos estão agora a ser introduzidos na produção comercial com nomes como "vídeo interactivo" ou livro electrónico, "ebook" ou "CDI", ou em versões trivialmente mais elaboradas, "realidade virtual" (...) Um sistema como este (refere-se à Máquina de*

*Conhecimento) daria a possibilidade a uma Jennifer do futuro, de explorar um mundo significativamente mais rico do que o que lhe foi oferecido com os meus livros impressos. Usando a fala, o tacto ou gestos, ela conduziria a máquina ao tópico de interesse, navegando rapidamente através de um espaço de conhecimento muito maior do que os conteúdos de qualquer enciclopédia impressa (...)" (ps. 7-8).*

Papert vai depois descrever a profunda modificação que se produzirá quando as crianças tiverem acesso a este tipo de "Máquina de Conhecimento". O acesso ao conhecimento deixará de depender exclusivamente do domínio da leitura e escrita, base fundamental de acesso ao conhecimento no mundo actual, sobretudo no meio escolar. Haverá muitas outras possibilidades de conhecer e a palavra literacia (*literacy*) irá ser substituída pela de maneiras de conhecer (*ways of knowing*).

O problema é que a maioria das escolas não tem acesso a este tipo de tecnologia e mesmo quando o tem não é suficiente para responder às necessidades dos alunos. Mais ainda, a maioria dos professores não sabe utilizar estas novas ferramentas e os currículos não contemplam o seu uso. Só foi possível e necessário desenvolver o exemplo de "animais em vias de extinção" no meio familiar, porque a escola, apesar de ter uma sala de informática, não a utiliza para concretizar projectos que nascem nas aulas e estão relacionados com a aprendizagem disciplinar.

A própria escola, desde a organização do espaço e materiais nas salas, aos centros de recursos e manuais escolares não têm em conta estas novas tecnologias. Quais são as escolas que têm um centro de recursos multimédia, com vários tipos de CD-ROM's, vários terminais de acesso à Internet e programas informáticos? Onde estão as escolas com, pelo menos dois a três computadores por classe? Onde estão os programas informáticos adaptados ao ensino de conteúdos disciplinares? Onde podem os professores interessados adquirir formação neste domínio? etc. As possibilidades técnicas existem, o que falta é toda uma estrutura de apoio à introdução, organização e acompanhamento que permita que as novas tecnologias possam ser usadas na escola com sucesso. Existe ainda a necessidade de elaborar "*software*"

adaptado aos conteúdos a serem aprendidos nas várias disciplinas e de repensar os conceitos de ensino e aprendizagem.

### A Internet

Hoje em dia a Net é um meio universal de comunicação e procura de informação. O correio electrónico, os grupos de discussão, o acesso a imensas bases de dados, que cobrem todo o tipo de assuntos, são utilizados por uma cada vez maior número de pessoas e instituições em todo o mundo. A informação está "nas pontas dos nossos dedos" em tempo real.

A rede precursora da Net foi a ARPANET (*Advanced Research Projects Agency*), uma rede experimental, surgida em meados dos anos sessenta nos Estados Unidos, com o objectivo de facilitar a comunicação entre investigadores.

A ARPANET adoptou o protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol /Internet Protocol*). O número de utilizadores aumentou bastante o que levou criação de muitos dos serviços actualmente existentes. Durante a década de oitenta, a ARPANET converte-se na base física de conexão e nasce a Net, que compreende todas as redes baseadas no TCP/IP conectadas com a ARPANET. No início dos anos oitenta estavam registados pouco mais de duzentos computadores servidores; em 1995 o número ultrapassou os cinco milhões. Desde essa data o número não tem cessado de aumentar.

A Net é uma colecção de nós e redes não hierarquizados. Segundo a *Computer Science* (1994, citada por Terceiro, 1997), tecnicamente um nó é parte da Net se: 1) implementa os protocolos da Net, incluindo IP e TCP; 2) tem uma direcção Net com um número de rede; 3) mantém um qualquer tipo de conexão que permite a troca de elementos de informação (pacotes IP) com outros milhões de máquinas conectadas com a Net. A Net, no sentido tradicional do termo não tem um proprietário. Existem, contudo instituições que financiam e são responsáveis pela Net. Na actualidade é financiada através das cotas das instituições e empresas conectadas e as instituições responsáveis são: a ANS (*Advanced Network & Services*), a American Online,

a MCI e a *Sprint*. Anteriormente a Net era financiada, nos Estados Unidos, pela NSF (*National Science Foundation*) e supervisionada tecnicamente pela IETF (*Internet Engineering Task Force*). A decisão do Governo dos E.U.A de retirar o financiamento à Net tem a ver com dois aspectos: a cada vez maior inclinação comercial da Net e o desenvolvimento de uma rede experimental, a vBNS (*Very-High-Speed Backbone Network Service*), destinada à investigação científica e que proporciona uma velocidade muito maior,

Os serviços da Net são variados, mas podem dividir-se, segundo Terceiro (1997) em seis categorias: 1) serviços básicos, como a transferência de arquivos, o correio electrónico ou o uso de computadores remotos; 2) listas automatizadas e distribuição de notícias; 3) serviços de informação interactiva como a WWW ou WAIS; 4) serviços de directórios que permitem encontrar as direcções dos membros conectados; 5) serviços interactivos multiusos que permitem a interacção entre grupos; 6) serviços de indexação que facilitam a procura de informação.

O serviço mais usado da Net é o correio electrónico. As *mailing lists*, um dos serviços mais populares da Net baseado no correio electrónico, reúnem grupos de pessoas interessados em certos temas, que são discutidos através do envio de propostas e respostas ao servidor que as distribui entre todos os utilizadores de uma dada *mailing list*. Cada pessoa pode fazer parte de várias *mailing lists*.

Outra forma de discutir certos assuntos através da Net são os grupos de discussão ou Newsgroups. Existem imensos grupos de discussão, com temas tão diversos como desportos, hobbies, assuntos científicos, sexo, negócios, computadores, etc. Com tanta diversidade, a melhor opção para um iniciado na Net é dirigir-se ao *news.announce.newusers*, um grupo de discussão especializado em orientar os caloiros. Fornece uma lista de todos os grupos que se mantêm activos, o tema de que se ocupam, indicações para o envio de comunicações, um pequeno manual de trabalho na comunidade Usenet, respostas às FAQ's (perguntas formuladas mais frequentemente), normas de etiqueta na Net (*netiquette*) e recomendações de estilo na redacção das comunicações.

A comunicação dos vários computadores conectados à Net faz-se através de uma morada. As direcções IP constam de duas partes: o número atribuído a

cada rede conectada e o que corresponde a cada computador da mesma. O sistema utilizado, denomina-se "sistemas de nomes de domínios" e baseia-se numa combinação conceptual e geográfica. Assim, o primeiro elemento da direcção identifica o nome do utilizador, separado pelo símbolo @ (lê-se at, em inglês) do subdomínio e este, por um ponto, do domínio que, por sua vez, é seguido pelo tipo de localização geográfica da direcção. Cada país é representado por dois símbolos (por exemplo, Portugal é pt) excepto os E.U.A. que não necessita de simbologia de localização geográfica mas somente de domínio.

Quando um utilizador se liga à Net através de um provedor de serviços, como a Telepac no nosso País ou a CompuServe nos E.U.A, a direcção inclui um número ou palavra(s) de identificação do subscritor. Por exemplo a minha direcção é ruca@mail.telepac.pt ou nopO1096@mail.telepac.pt.

O protocolo Internet (TCP/IP) tem duas aplicações principais cujo uso é confiado ao utilizador, que as maneja de forma autónoma: TELNET e FTP.

A TELNET (*Telecommunications Network*) permite ao utilizador de um computador entrar noutro ligado à rede e actuar neste como se estivesse a operar directamente. Quando se faz a ligação entre dois computadores, o servidor exige geralmente um número de utilizador e uma palavra passe (*password*).

Para além do correio electrónico, dos *newsgroups*, do FTP (*File Transfer Protocol*) a Net dispõe de outros serviços. O mais conhecido e usado é WWW (World Wide Web).

A WWW nasceu no CERN nos finais da década de oitenta, os seus documentos em formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) incluem comandos de um novo padrão chamado HTLM (*Hipertext Markup Language*) um método de marcar partes de um documento para que o computador possa dizer onde estão. A WWW é, segundo Terceiro "o mais ambicioso projecto de apresentação e catalogação de informação em linha baseado na organização de um documento não linearmente, mas como um conjunto de objectos multimédia, cada um deles remetendo para outros objectos relevantes. O utilizador, seguindo os elos dessa cadeia, pode explorar o hiperespaço, sem estar consciente da localização geográfica de cada um dos elos já que, de facto, pode estar a saltar de um país para outro" (1997, p. 113). Isto é o hipertexto, de que falaremos

posteriormente. Contudo, a WWW não é a Net. Utiliza-a, como outras redes, como meio de comunicação. A WWW é a união de uma grande quantidade de servidores de hipertexto através da Net. Por isso, a WWW junta duas tecnologias: a hipermédia e a Net. As interfaces mais conhecidas para a WWW são: a Mosaico, criada em 1993 por Marc Andreessen, que posteriormente se transformou na Netscape Navigator (um Mosaico melhorado), o interface mais usado na WWW, o Yahoo, a Altavista e mais recentemente o Microsoft Explorer.

Outro serviço da Net é o WAIS (Wide Area Information Server), um método diferente de procurar informação. Enquanto na WWW o utilizador segue os elos da cadeia que escolhe nos documentos hipermédia, na WAIS é o servidor que se encarrega de desenvolver um perfil de uso de palavras do documento e procurá-lo. Na Net o WAIS é usado em conjugação com um navegador, o *Gopher*. Este é um sistema hierárquico que recorre a um sistema de menus para aceder aos recursos da Net e só funciona com quantidades limitadas de informação. Os servidores Gopher e FTP são considerados métodos de pesquisa avançada na Net.

Muito mais haveria para dizer sobre a Net. Contudo, não o vamos fazer. Queríamos só realçar a importância que, naturalmente já tem e irá ter cada vez mais este sistema universal de comunicação e difusão do conhecimento na educação.

### **O Hipertexto (hipermédia ou multimédia interactiva)**

A arquitectura dos CDIs, dos CD-ROM's e sobretudo das redes de comunicação, baseia-se em poderosas bases de dados conectadas entre si, pelo que se passou a designar de hipertexto, hipermédia ou multimédia interactiva. Nós adoptamos preferencialmente o termo hipertexto para designar estes sistemas de bases de dados, terminologia sugerida por Lévy (190) que diz: *"Aqui, optámos pelo termo hipertexto, embora, evidentemente, este não exclua de modo algum a dimensão audio-visual. Ao entrarem num espaço interactivo e reticular de manipulação, associação e leitura, a imagem e o som adquirem um estatuto de*

*quase-texto. Tecnicamente, um hipertexto é um conjunto de nós conectados por ligações. Os nós podem ser palavras, páginas, imagens, gráficos, sequências sonoras, documentos complexos que podem ser, eles próprios, hipertextos. Os itens de informação não estão ligados linearmente, como uma corda com nós: cada um deles, ou a maior parte, estende as suas ligações em estrela, de um modo reticular. Navegar num hipertexto é, portanto, desenhar um percurso numa rede que pode ser tão complicada quanto possível. Porque cada nó pode, por seu turno, conter toda uma rede" (Lévy, 1990, p.43).*

Esta extensa citação ilustra bem uma realidade conhecida dos utilizadores da Internet. Cada procura de uma informação, mesmo que precisa, remete-os para outras informações, que por sua vez os levam a novas bifurcações. Com as redes de informação e os CD-ROM's o problema já não está em ter acesso à informação mas antes em saber pesquisar e seleccionar a informação adequada aos objectivos que se procuram.

Como surgiu a ideia do hipertexto, que está na base dos actuais sistemas de informação e comunicação?

Segundo Lévy (1990) a ideia do hipertexto é da autoria de Vannevar Bush que, em 1945, a enunciou num artigo intitulado "*As we think*". Neste artigo, que se tornaria célebre, Bush considera que os sistemas de indexação e organização das informações utilizadas pela comunidade científica são artificiais, no sentido que não correspondem ao modo como a mente humana funciona, pois neles cada item é apenas classificado sob uma única rubrica e ordenado de forma hierárquica. Pelo contrário, o espírito humano teria uma arquitectura em rede e funcionaria por associações, saltando de uma representação para outra, num emaranhado de nós e elos de ligação, difícil de replicar em qualquer sistema artificial. No entanto, Bush sugeria que nos deveríamos inspirar neste modelo em rede associativa para imaginar dispositivos de armazenamento e consulta de informação. Foi assim que imaginou um dispositivo para organizar e seleccionar informação por associação, paralelo ao princípio da indexação clássica, e a que daria o nome de *Memex* (Lévy, 1990). Este seria uma imensa e poderosa reserva documental multimédia (contendo sons, imagens e textos), organizados em redes associativas, que se tornaria um precioso auxiliar dos investigadores.



Se a ideia de hipertexto surge neste artigo de Bush, em meados da década de 40, a invenção do termo "hipertexto" ficou a dever-se a Theodore Nelson que, no início dos anos 60 o utilizou pela primeira vez para *"expressar a ideia de escrita/leitura não linear num sistema informático."* (Lévy, 1990, p.39).

O surgimento dos CD-ROM's e das redes de informação veio concretizar o sonho destes investigadores. No entanto, os hipertextos actualmente disponíveis (quer em CD-ROM's, quer na Internet), não têm ainda o carácter universal imaginado por estes dois pioneiros. Segundo Lévy (1990) e Papert (1992) este facto deve-se fundamentalmente a três ordens de factores.

O primeiro é meramente técnico, pois ainda não se sabe programar bases de dados para além de uma certa grandeza. No entanto, a evolução técnica, sobretudo na concepção e construção de sistemas cada vez mais poderosos de armazenamento e difusão de informação está sempre a surpreender-nos.

O segundo respeita ao trabalho de recolha, indexação, digitalização e formatação uniforme da informação dispersa por todo o mundo e numa diversidade de suportes (livros, artigos e mapas nas bibliotecas, fotografias nos arquivos fotográficos, filmes nos arquivos dos estúdios de cinema, audio nos arquivos de registo audio, etc.), o que exigiria a constituição de equipas com várias competências e levaria muito tempo. Este trabalho está a ser realizado pelos grupos que dominam a multimédia interactiva, quer ao nível da produção de CD-ROM's, quer da Internet. Não é de surpreender que num artigo recente da imprensa diária fosse noticiado que Bill Gates adquiriu o maior e mais valioso arquivo fotográfico do mundo, com o objectivo de o digitalizar e pôr a circular na Internet.

Finalmente o último aspecto que, segundo Lévy, não é de menor importância, a constituição de hipertextos gigantes implica um trabalho de organização, repartição, acompanhamento e de orientação do utilizador, que teria de ser realizado em função de públicos diferentes. Esta é a função que exercem os múltiplos grupos de servidores da Internet. Os mais conhecidos são a *Netscape*, o *Yahoo*, o *Mosaico* e a *Altavista* e mais recentemente, numa estratégia comercial extremamente competitiva, o *Internet Explorer* da Microsoft de Bill Gates, todos localizados nos E.U.A.. No nosso País o grupo mais representativo é o *Sapo*.

O que trazem de novo estes sistemas de difusão social do conhecimento face aos seus antecessores e que repercussões poderão ter na educação e no ensino das novas gerações?

Esta não é uma questão de resposta fácil pois não temos a distância temporal suficiente para analisar as repercussões desta evolução tecnológica. Podemos, no entanto, reflectir sobre este tópico, baseando-nos no que tem vindo a ser escrito sobre o assunto, em dados de observação e em conversas que temos vindo a manter com as mais variadas pessoas. Como em todos os debates, existem argumentos a favor e contra.

Virillio (1995; 1996) um dos mais atentos e informados autores sobre as modificações que se estão a operar na vida e percepção do mundo nos cidadãos desta "nova era tecnológica" diz que sempre que uma nova tecnologia é difundida algo se ganha mas também algo se perde. Temos é que fazer o balanço e analisar criticamente o peso de cada um destes aspectos. No momento actual há mais entusiastas dos ganhos do que das perdas, por isso, a necessidade de "vozes em contracorrente". Para tornar mais visível a dimensão do que se pode perder com as novas tecnologias da comunicação, dá vários exemplos do que desapareceu com o aparecimento e massificação de outras tecnologias. Vejamos alguns deles: quando os elevadores são introduzidos nas casas a maioria das pessoas deixa de usar as escadas; quando são construídas auto-estradas, grande parte dos condutores deixa de usar os caminhos secundários; quando os aviões se tornaram acessíveis e se começaram a poder fazer viagens transatlânticas em menos de 4 horas os navios foram preteridos. O que se perdeu e o que se ganhou. Ganhou-se em velocidade mas perdeu-se o olhar atento sobre a paisagem, o conhecimento dos lugares e pessoas, a vasta imensidão dos oceanos... Tudo fica mais uniforme. Numa auto-estrada, qualquer que ela seja e onde esteja situada, a paisagem torna-se monótona. Não só a paisagem exterior mas o modo como o viajante interioriza essa paisagem. A velocidade não permite o olhar distanciado e atento dos pormenores; a disposição interior não é de atenção e

conhecimento mas de chegar o mais depressa possível ao destino, o viajante deixa de se surpreender até porque já não quer ser surpreendido.

As novas tecnologias da informação, poderão estar a fazer com os hábitos de leitura e certas modalidades de acesso ao conhecimento o que os meios rápidos de transporte fizeram à observação da paisagem, dos lugares e das pessoas. O conhecimento pode tornar-se uniforme, igualitário e superficial. Ganha-se em poder de acesso mas perde-se em particularidades e em profundidade. As pessoas deixarão de ter tempo e disposição mental para se demorarem na leitura de um livro longo, de se envolver nos seus enredos, de se deixar transportar pelas imagens (visuais, auditivas, olfactivas e semânticas) que ele evoca, pelas múltiplas redes associativas e interpretativas que desperta. O que era antes trabalho do leitor passa a ser feito pelo suporte que o veicula. (...)

Weizenbaum (1984; 1996) um dos pais da Inteligência Artificial (IA), criador do Programa Eliza, foi um dos primeiros críticos do programa da IA e da euforia surgida em grande parte da comunidade científica e mesmo do público em geral. Na altura da publicação do seu livro mais significativo *"Computer Power and Human Reason. From Judgement to Calculation"*, em 1976, os computadores ainda tinham realizações muito limitadas (se comparadas com as actuais). Na publicação de 1984, reformulada, Weizenbaum continua a salientar os aspectos negativos da utilização massiva dos computadores, sobretudo os efeitos na educação das crianças e na imagem que o homem constrói de si-próprio.

*"... a introdução dos computadores na nossa sociedade, já de si altamente tecnológica, tem, como tentarei mostrar, reforçado e ampliado as pressões antecedentes que levaram o homem a ter uma visão cada vez mais racionalista da sociedade e uma imagem mais mecanicista de si-próprio" (p.11).*

O problema maior, para este autor, não está na capacidade de construir computadores que realizem tudo ou quase tudo o que os humanos fazem, mas antes em impor limites ao que eles podem ou poderão fazer. Impor limites e desmistificar. Trata-se de um problema ético e não tecnológico. A reflexão ética

e consequente imposição de limites às utilizações dos computadores, está em grande medida por fazer. Mas que limites serão esses?

Turkle, autora de *"Second Self. Computers and the Human Spirit"* (1984) e de *"A Vida no Ecrã. A Identidade na Era da Internet"* (1997), é optimista face aos poderes do computador e da Internet. Considera que os computadores esbateram os limites dos conceitos de orgânico e inorgânico, de inteligência, de vivo e não vivo. São objectos evocativos, que estão entre ("between & betwixt") dois mundos, o vivo com inteligência e o não vivo também com inteligência, que nos obrigam a reelaborar conceitos adquiridos. A Net introduz a necessidade de se repensar certas ideias como, por exemplo, a de identidade. A identidade na era da Internet é plurifacetada e descorporizada. Nos grupos de discussão cada um pode construir uma ou mais personalidades, interagir com outras igualmente «construídas», nunca se sabendo qual delas é real. Aliás o próprio conceito de realidade altera-se. O de corpo também. Para mim, é um mundo um tanto ou quanto preocupante. Não racionalmente mas emocionalmente. Quando falo com alguns jovens da geração que cresce no mundo dos computadores e da Net, compreendo-os pela razão, mas o mundo de que falam é-me física e emocionalmente estranho.

Derrick de Kerckove, no livro, *"A Pele da Cultura: Uma Investigação Sobre a Nova Realidade Electrónica"* publicado em 1995 e traduzido para português em 1997, faz uma análise do que se está a alterar no mundo económico, social, cultural e na psicologia dos seres humanos da era electrónica. É este último aspecto que nos interessa e iremos descrever brevemente. Kerckove designa-o de "tecnopsicologia", entendendo por tal *"o estudo da condição psicológica das pessoas que vivem sob a influência da inovação tecnológica. A tecnopsicologia pode ser ainda mais relevante agora que existem extensões tecnológicas para as nossas faculdades psicológicas"* (p. 33). É na continuidade deste conceito que o autor vai introduzir o de psicotecnologias, que são tecnologias que emulam, estendem ou amplificam o poder das nossas mentes. Psicotecnologias são o telefone, o fax, o rádio, a televisão e mais

recentemente o computador e a Internet. Estas tecnologias mudam a nossa percepção do mundo e a consciência dos que as utilizam. Por exemplo, *“com a realidade virtual e a telepresença permitida pela robótica projectamos literalmente para o exterior a nossa consciência e vemo-la “objectivamente”. Esta é a primeira vez que o homem o consegue fazer”* (p. 34). As novas tecnologias alteram a nossa psicologia. Por exemplo, a TV, fala ao corpo e não à mente. O computador e a Net seriam prolongamentos do nosso cérebro, i.e., de algumas das nossas capacidades intelectuais.

Querer reduzir os computadores (isolados e em rede) a uma dimensão meramente instrumental não nos parece uma atitude recomendável. Eles são, de facto, uma ferramenta, mas com características muito particulares. Estão a alterar a nossa percepção do mundo e de nós próprios. Tal como a descoberta da escrita marca a transição da pré-história para a história, as novas tecnologias podem estar a fazer nascer “uma nova civilização” e um “novo ser humano” (Kerckhove, 1997, p. 284).

A questão que deixamos em suspenso é a resistência do meio escolar-adulto às novas tecnologias. Muitas crianças que frequentam as escolas, sobretudo as provenientes de meios favorecidos, já se encontram familiarizadas com elas. As que não o estão, deveriam encontrar na escola essa oportunidade. As possibilidades técnicas existem, como existe motivação dos alunos para aprender com estas novas tecnologias. As crianças de hoje são, de facto, a “geração do computador” (Papert, 1992). Falta dar o salto para a plena integração dos computadores (isolados e em rede) no meio escolar e na educação, como ferramentas ao serviço do processo de ensino/aprendizagem.

Mas com a explosão do CD-ROM, da Net e de novo software que facilita as comunicações e a navegação pelos serviços de informação em linha, a educação irá sofrer grandes transformações. A escola, como espaço físico de transmissão unilateral de conhecimentos estáveis irá ser profundamente transformada. Contudo, os professores não serão substituídos pelos computadores. Os professores que não dominam as novas tecnologias é que irão ser substituídos pelos que as dominam. Estes desempenharão um papel muito importante. Serão eles que orientarão os alunos na utilização da imensa

massa de informação a que vão ter acesso. Daí que a formação dos professores para esta nova era tecnológica seja um passo fundamental na utilização dos computadores na educação.

No quadro 2.1. apresenta-se uma síntese dos novos paradigmas educativos que substituirão gradualmente os antigos. Novos paradigmas possíveis pela emergência destas tecnologias de representação, transmissão e comunicação do conhecimento. (É preciso não esquecer que a palavra impressa e os livros são uma tecnologia que transformou profundamente a relação do homem com o conhecimento e modificou a sua percepção do mundo e de si próprio).

VELHO MODELO	NOVO MODELO	IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS
Aulas em salas	Exploração individual	Computadores em rede Com acesso à informação
Absorção passiva	Aprendizagem	Modelo de simulação
Trabalho individual	Aprendizagem em grupo	Colaboração através do Correio electrónico
Professor onisciente	Professor conselheiro	Acesso a especialistas Através da rede
Conteúdo estável	Conteúdo mutável	Necessidade de redes e Ferramentas de edição

Quadro 2-1: Os novos paradigmas educativos. In J. B. Terceiro (1997). *Sociedade Digital. Do homo sapiens ao homo digitalis*. Lisboa: Relógio D'Água Editores, p. 169.

E no presente? Que papel têm desempenhado as TCI nas escolas portuguesas? Como têm sido utilizadas? Será que a formação inicial e contínua de professores as contempla devidamente? E os currículos?

No que respeita à última questão, e embora já não seja matéria de controvérsia que estas tecnologias devem estar integradas nas disciplinas, (podendo constituir na fase terminal do ensino secundário uma área de estudo específica, de natureza optativa), a maioria dos novos programas da reforma curricular não as referem (Ponte, 1994). Porquê? Não sabemos. Embora o Projecto Minerva (1985-94) tenha feito alguns esforços nesse sentido e pensamos que os actuais Projectos Nónio séc. XXI e Uarte os estejam também a fazer, poucos resultados se podem esperar sem uma clara orientação curricular que contemple devidamente estas tecnologias (traduzida nos programas, manuais escolares e software de apoio). A maioria dos conselhos directivos e dos professores continuam a vê-las como actividades periféricas ao processo de ensino/aprendizagem, destinadas a uns poucos professores mais entusiastas.

A utilização destas tecnologias nas escolas não se pode reduzir a uma mera opção organizativa. Como refere Ponte (1994) terão ainda de se clarificar as opções pedagógicas. Pretende-se, por exemplo, contrariar a tendência para a compartimentação dos saberes e a sua concepção enciclopédica, cristalizada e inerte? A autoridade intelectual deve continuar no professor ou derivar da argumentação e da evidência obtida?

A verdade é que os currículos raramente abordam estas tecnologias. E muitos cursos de formação inicial e contínua de professores não as ensinam. Ora é na formação dos professores que se deveriam concentrar muitos dos esforços, se quisermos que estas tecnologias entrem de facto nas salas de aula. Sem professores conhecedores e confiantes, e que saibam quando e como utilizar os computadores (e mesmo que estes já estejam presente na escola e em número suficiente, o que não é o caso português), poucos resultados positivos poderemos esperar.

À formação dos professores seria natural associar-lhe a investigação. Esta garante a contínua renovação e actualização das ideias e das práticas, proporcionando um olhar crítico em relação à escola e uma vontade de inovar (Ponte, 1994). Este foi um dos aspectos mais frágeis do Minerva que, durante os nove anos que durou, pouca investigação produziu. Fazer investigação séria neste domínio implica equipas pluridisciplinares que incluam tanto a informática e a engenharia como a psicologia e as ciências da educação. Como refere

Ponte *"É desejável o desenvolvimento duma autêntica comunidade científica em torno do uso educacional das tecnologias da informação na Educação. Devem estimular-se os projectos de dimensão apreciável e a possibilidade de se estenderem por períodos de tempo significativos (...) Dada a novidade desta temática, e perante a inexistência duma tradição estabelecida, os professores participam necessariamente na criação dos novos saberes pedagógicos relativos às tecnologias da informação, sendo por isso indispensável valorizar explicitamente o seu contributo na investigação"* (1994, p. 71).

Mas o que acabou de ser dito só tem sentido se se criarem infra-estruturas adequadas, isto é, computadores em número suficiente por escola e equipas que garantam a sua actualização e manutenção. Caso contrário, a introdução destas tecnologias na educação não passará de uma caricatura. Por exemplo, o que se fez no Minerva, sobretudo na sua fase terminal, foi seriamente condicionado pela escassez de recursos (técnicos e humanos). Esperamos que o mesmo não suceda com os Projectos Nónio séc. XXI e Uarte, lançados em 1997 (o primeiro pelo M.E. e o segundo pelo M.C.T.) que vieram ocupar o espaço deixado em aberto pelo Minerva, que terminou em 1994.

---

## Notas

1 O primeiro computador foi, de facto, inventado por John Atanasoff em 1939, quando era professor da Universidade Pública de Iowa (Iowa State University). Teve que esperar 30 anos para que a invenção lhe fosse oficialmente atribuída. O seu aparelho foi eclipsado pelo ENIAC, construído por John Mauchly e Presper Eckert, depois de Mauchly ter visitado Atanasoff em 1941 e inspeccionado o seu aparelho. Até 1973 o ENIAC foi considerado como o primeiro computador construído. O ENIAC era uma máquina pesada e pouco veloz. Como refere Terceiro *"Comparados com os pequenos e velozes mamíferos de hoje, os primeiros computadores foram autênticos dinossáurios. Grandes, lentos, pesados e vorazes (...)"* (1997, pp. 37).

2 Inteligente, no sentido do terceiro e último aspecto seguidamente referido. Mendelsohn (1991) considera que o conceito de inteligência nos ILE pode referir-se a três aspectos, que não se excluem mas, pelo contrário, se articulam. Em primeiro lugar o termo refere-se a uma técnica informática; a Inteligência Artificial, cujo finalidade é reproduzir comportamentos que



qualificamos de inteligentes: raciocínio, demonstração, aprendizagem, planificação, ensino. Um ILE repousa sobre um sistema de conhecimentos, podendo tomar decisões coerentes relativas ao domínio que visa ensinar e às estratégias de aprendizagem que utiliza. Em segundo lugar, o termo inteligência pode designar os conhecimentos representados no sistema informático sob a forma de regras formais de decisão e mais particularmente as que se referem ao conhecimento especializado e à orientação pedagógica do aluno. A realização do sistema depende, pois, da eficácia dos formalismos informáticos da IA (sistemas de produção, redes semânticas, planificação automática) e da possibilidade de representar os nossos conhecimentos sobre os processos de ensino nessas linguagens informáticas. Por último, o termo inteligência, pode referir-se à qualidade intrínseca do ambiente de aprendizagem, enquanto sistema capaz de revelar e de estimular capacidades específicas no sujeito-aprendiz: reflexão, controle, planificação. Esta última concepção de inteligência, levanta alguns problemas aos conceptores dos ILE pois supõe que eles sejam capazes de escolher e traduzir o que sabem sobre o funcionamento e desenvolvimento cognitivo do sujeito na arquitectura e interface do sistema. Os ILE's são verdadeiros laboratórios de investigação para a psicologia cognitiva, pois exigem a explicitação formal dos mecanismos cognitivos que se supõe estarem em jogo na aprendizagem que se realiza por intermédio do ensino e a eficácia do sistema toma-se como um meio privilegiado de validar tais mecanismos.

3 Li recentemente num jornal diário que um autor Japonês pensa que os jogos vídeo desempenharão cada vez mais o papel que os livros tiveram na minha geração e nas gerações anteriores: a descoberta e construção de mundos ficcionais, de narrativas. De facto, não sabemos, como alerta George Steiner (1996) que influência terão os computadores nos hábitos narrativos dos jovens nem tão pouco quem poderemos considerar instruído no futuro: se os que dominam a escrita e a literatura se os que dominam as linguagens computacionais.

**SEGUNDA PARTE**  
**O LOGO**  
**A PROGRAMAÇÃO INFORMÁTICA**  
**E OS**  
**AMBIENTES DE APRENDIZAGEM**

## O LOGO

### Resumo

Neste capítulo vamos descrever a linguagem LOGO, utilizada no nosso trabalho empírico, e compará-la com outros paradigmas de programação informática. Referimos ainda os seus pressupostos e as versões que se desenvolveram a partir da *standard* ou original. Depois analisamos as investigações realizadas com o LOGO, os resultados obtidos e os problemas que estão por resolver.

Um dos factores explicativos da ausência de resultados das investigações, prende-se com o facto de não se ter prestado a devida atenção aos métodos de ensino. Por isso, descrevemos as características dos ambientes de aprendizagem informatizados que tiveram efeitos positivos nas competências cognitivas e conhecimento disciplinar dos alunos. É neste contexto que introduzimos, sumariamente, a problemática em estudo neste trabalho, que será abordada com mais pormenor na terceira parte, dedicada à metodologia.

## O LOGO e os paradigmas de programação

Como refere Cecília Baranauskas, do Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Campinas em S. Paulo *"A escolha de uma linguagem de programação para uma aplicação específica, principalmente no caso de contextos educacionais, requer uma atenção particular ao paradigma<sup>1</sup> subjacente à linguagem"* (1993, p.45).

Cada linguagem informática tem uma arquitectura, 'quadro estruturador<sup>1</sup>' (Papert, 1991) ou paradigma, subjacente à actividade de programar. Os paradigmas de programação existentes, oferecem diferentes meios de representar e solucionar problemas. Estes alteram não só o modo como o programador pensa esta actividade mas, a um nível educativo elementar, como é o caso das crianças em idade pré-escolar e escolar, o modo de resolver certo tipo de problemas, i. e., de os pensar. Daí que alguns investigadores pensem ser necessário desenvolver mais investigação sobre as dificuldades associadas à aprendizagem das diferentes linguagens de programação e aos seus efeitos no desenvolvimento e actividade cognitiva das crianças (Ferguson, 1992; Mendelsohn e al., 1990, entre outros). É ainda preciso continuar a incrementar programas e ferramentas informáticas que apoiem os alunos na aprendizagem dos diferentes paradigmas de programação como, por exemplo, micromundos e ITS's, e determinar o papel dos ambientes de programação visíveis ou de 'caixa de vidro', e dos editores directos de sintaxe e semântica como suportes à aprendizagem da programação (Ferguson, 1992). Por fim, é indispensável, obter mais evidências sobre as competências cognitivas necessárias para uma aprendizagem efectiva da programação informática e se elas são as mesmas para todos os casos (Ferguson, 1992; Mayer, 1992; Mendelsohn, 1991; entre outros).

Existem actualmente quatro tipos de paradigmas de programação, que se sucederam historicamente, mas que continuam a coexistir na actualidade: o procedural ou imperativo, o funcional, o lógico e o de programação por objectos. Estes paradigmas e as linguagens que lhes estão associadas

representam graus variados de abstracção da arquitectura von Neumann. Contudo, como referimos no primeiro capítulo, existem hoje novas arquitecturas alternativas, nomeadamente a conexionista, ainda exclusivas dos laboratórios da IA.

As linguagens de programação actualmente existentes são todas de alto nível. Mas, nem sempre foi assim. No início da computação o *hardware* não estava separado do *software*, o que dificultava imenso o trabalho do programador. Na falta de linguagens de alto nível ou mesmo de linguagens de montagem, a programação era feita em código de máquina. Só mais tarde surgiram as primeiras linguagens de programação de alto nível, de estrutura procedural ou imperativa, as que mais se aproximam do uso da arquitectura von Neumann.

Segundo o paradigma procedural, programar o computador significa dar-lhe ordens. Representar a solução de um problema neste caso implica escrever uma série de acções, denominados *procedimentos*, que, têm de ser executadas sequencialmente. Exemplos de linguagens procedurais ou imperativas são o FORTRAN, o COBOL, o BASIC, o PASCAL, o C e o LOGO Geometria, embora o LOGO, nas suas múltiplas variantes, possa ser considerada mista.

O paradigma funcional surgiu com o desenvolvimento da linguagem LISP (de *List Processing*) por John McCarthy, em 1958 e pensada para responder às necessidades dos investigadores da IA no processamento de dados simbólicos. Usa funções matemáticas e composição de funções, o que introduz um novo modelo para representar os problemas a resolver pela máquina. Programar segundo este paradigma significa definir e aplicar funções e conhecer o seu comportamento na máquina. Os mecanismos de controlo do programa passam de iterativos (caso da maioria das linguagens procedurais) a recursivos. Pensar a resolução de um dado problema numa linguagem imperativa é diferente de fazê-lo numa linguagem funcional.

A programação orientada por objectos, outro paradigma de programação, surgiu com a criação da linguagem Smalltalk, da autoria de Alan Key, em 1972. A sua ideia básica é imaginar que programas simulam o mundo real, um mundo povoado de objectos. Estas linguagens incluem um modelo de objectos que podem enviar e receber mensagens e reagir às recebidas. Neste ambiente de programação existem múltiplos objectos que trocam mensagens entre si. Exemplos de linguagens de programação orientadas a objectos são: o C++, Objective C, PROLOG ++, Common LISP Object, Smalltalk e o Hypercard, uma ferramenta multimédia com uma componente de programação deste tipo. Segundo H. Coelho a programação orientada por objectos é a grande aposta dos programadores desde 1991 (1995, p. 70). Na educação verifica-se a mesma tendência. Durante a década de 80 as linguagens Logo e Prolog eram as mais usadas nesta área. Actualmente assiste-se a uma preferência pelas linguagens orientadas por objectos, como é o caso, do Hypercard.

A programação em lógica é, segundo Baranauskas *"uma teoria que representa um modelo abstracto de computação sem relação directa com o modelo von Neumann de máquina"* (1993, p. 47). O Prolog (de *Programming in Logic*), nasceu em França em 1972, do esforço desenvolvido por Robert Kowalski, Maarten van Emden e Alain Colmerauer e é a linguagem que mais se aproxima do modelo de computação de programação em lógica. Foi adoptada e consagrada pelos japoneses, no seu programa dos computadores de 5ª geração (Coelho, 1995, p. 70). Foi também utilizada por Helder Coelho nas seus cursos e lições de IA. Representar um problema em programação em lógica, consiste em expressá-lo na forma de lógica simbólica. Um processo de inferência é usado pela máquina para produzir resultados. O significado de um programa em Prolog já não é dado por uma sucessão de operações elementares que o computador realiza, mas por uma base de conhecimento a respeito de certo domínio e por perguntas que são feitas a essa base, de forma independente. Neste sentido, o Prolog, pode ser visto como um formalismo para representar o conhecimento de forma declarativa, i.e., descritiva, a respeito de um problema que se quer resolver. Existe, por trás do programa

uma máquina de inferência, em princípio escondida do programador e responsável por 'encontrar soluções' para o problema descrito.

Não sendo especialista em linguagens de programação não darei exemplos que ilustrem as diferentes possibilidades de cada paradigma. O objectivo de descrever sumariamente os vários paradigmas foi o de situar os leitores e de chamar a atenção para o facto de que programar em cada um deles significa representar, segundo modelos e métodos diferentes, a solução dos problemas a serem resolvidos pela máquina.

Por isso, aprender uma dada linguagem de programação significa mais do que aprender a sua sintaxe e semântica, implica mudar processos de pensamento de modo a ajustá-los a este novo meio de representar os problemas.

Apesar das linguagens de programação de alto nível serem consideradas de 'propósito geral', quer dizer, capazes de fazerem face a variados problemas, cada uma adequa-se melhor a certos tipos. O Logo, sendo embora uma linguagem de programação de alto nível de propósito genérico, foi sobretudo concebido para ser utilizada por crianças pequenas (desde os 4 anos, nas versões simplificadas). Por isso, teve tanta penetração e influência no meio educativo.

## **O LOGO: características e princípios**

O LOGO, é uma linguagem derivada do LISP, concebida por Papert e colaboradores, em finais dos anos sessenta, no Laboratório de Inteligência Artificial do Massachusetts Institut of Technology (MIT), especialmente para uso das crianças a partir dos 4/5 anos.

Precisamente por isso, assenta num simbolismo com significado para sujeitos que não possuem qualquer conhecimento informático, ao contrário do que sucede com grande parte das outras linguagens de programação.

Logo: a linguagem da inteligência

Ao criar esta linguagem, Papert procurou que ela fosse simples e poderosa, utilizável por crianças do pré-escolar e também por estudantes universitários, que induzisse a criação de programas interessantes quase desde o início da aprendizagem e permitisse desenvolver técnicas de resolução de problemas e capacidades de pensamento, convergente e divergente. O LOGO deveria ainda, segundo as intenções do seu criador, facultar às crianças um conhecimento delas próprias como aprendizes e pensadores, ou dito por outras palavras, possibilitar-lhes uma reflexão sobre o próprio acto de aprender e de pensar.

Por isso, o LOGO é considerado mais como uma linguagem com a qual se pode aprender do que uma linguagem que se aprende, visando mais a aprendizagem de um processo (modos de pensar) do que a aprendizagem de conteúdos (o que pensar). Contudo, o LOGO Geometria, como referimos na introdução, faz apelo a traçados gráficos, tendo um conteúdo matemático e geométrico. Daí que esta linguagem, no meio escolar, tenha sido sobretudo utilizada para ensinar esse tipo de conceitos. No entanto, como veremos, o LOGO, sendo uma linguagem de programação de alto nível e de carácter genérico, tem sido usada para os mais diversos fins. Os psicólogos cognitivistas vêem nela um meio de 'educar' processos mentais; os professores, um instrumento para ensinar conteúdos disciplinares; os cientistas da computação, um meio para elaborar programas e estudar noções de computação. Nós vimos nela um meio de treinar processos cognitivos e de ensinar conteúdos disciplinares e ainda de familiarizar as crianças com algumas noções computacionais, que são importantes no mundo de hoje.

A estrutura do LOGO tem a ver com a trajectória científica de Papert, que se situou na confluência de duas correntes de investigação. Matemático e físico, Papert interessou-se pelo desenvolvimento da inteligência humana depois de ter trabalhado com Piaget no *Centre d'Epistémologie Génétique de Genève*. E foi precisamente ao investigar o problema da relação entre inteligência artificial e humana que haveria de desenvolver o projecto LOGO (Larrivée & Michaud, 1980).

O LOGO, contrariamente ao ensino assistido por computador (baseado numa concepção *behaviorista* da aprendizagem), assenta numa epistemologia construtivista do processo de aprendizagem, que postula que o sujeito constrói



as suas estruturas mentais em interacção com os objectos. O desenvolvimento cognitivo não consiste pois numa acumulação de factos, mas em progressivas reorganizações do conhecimento, levadas a cabo pelo sujeito activamente envolvido no seu ambiente físico e social. Numa tal perspectiva a aprendizagem, ou seja, a acumulação de conhecimentos, é importante para movimentar o processo de desenvolvimento, mas é, ao mesmo tempo, condicionada pelas capacidades de desenvolvimento daquele que aprende.

Retomando a concepção piagetiana de estádios de desenvolvimento, Papert sugere que certos conceitos que eram adquiridos tardiamente, podem ser aprendidos mais precocemente se o ambiente que envolve a criança for fértil em materiais que lhe permitam assimilá-los de um modo natural. Por exemplo, *"o facto de muitas coisas aparecerem aos pares ajuda as crianças a construírem o conceito de número"* (Papert, 1985, p. 20). Mas, em geral, esses ambientes são ao mesmo tempo pobres noutros materiais que apoiem as crianças a construir naturalmente outros conceitos como o da permutação e combinação.

O papel que Papert atribui a esses materiais é mesmo superior ao que Piaget lhes concedeu.

*"Piaget escreveu sobre a ordem em que a criança desenvolve diferentes capacidades intelectuais mas eu dou mais ênfase que ele à determinação que nesta ordem tem a influência dos materiais que uma cultura particular oferece"* (Papert, 1985, p. 36).

Podemos mesmo considerar que neste aspecto, o da importância concedida aos instrumentos culturais na estruturação e organização do pensamento, Papert se aproxima mais das concepções de Vygostky (1991, 1994) e de Bruner (1960, 1965, 1966).

Papert vai sugerir que o computador e particularmente o LOGO pode concretizar e personalizar aquilo que é formal. O computador poderia apoiar as crianças a fazerem mais rapidamente a passagem do pensamento infantil ao adulto, deslocando as fronteiras entre o concreto e o formal.

*"Conhecimentos que só eram acessíveis através de processos formais podem agora ser abordados concretamente"* (Papert, 1985, p. 37).

O criador do LOGO refere-se mais especificamente ao pensamento combinatório (onde se raciocina em termos de estados possíveis de um

sistema) e ao pensamento auto-referencial (onde a reflexão se exerce sobre o próprio pensamento).

Em síntese podemos afirmar que Papert (1980) sugere que a actividade de programação em LOGO permite à criança aprender conceitos habitualmente considerados demasiado abstractos para o seu nível de desenvolvimento cognitivo, tornando-os mais concretos e inteligíveis e promovendo a reflexão sobre os modos de pensar e aprender, quer dizer, o desenvolvimento metacognitivo.

Sobretudo a partir da publicação do Livro *"Minsdstorms: Children, Computers and Powerful Ideas"* (1980), o LOGO transcendeu o seu estatuto de simples linguagem de programação tornando-se uma filosofia da educação.

*"LOGO é o nome de uma filosofia da educação, possibilitada pela existência de uma crescente família de linguagens de programação que a acompanham. Algumas das características fundamentais da linguagem LOGO são a definição de procedimentos com variáveis locais que permitem a recursão. Uma consequência disso é que em LOGO é possível definir novos comandos com as funções primitivas da linguagem. LOGO é uma linguagem interpretativa o que significa que pode ser usada de uma forma interactiva. Os modernos sistemas LOGO têm uma estrutura completa de listas, i. e., a linguagem pode operar com listas, cujos membros podem ser também listas, listas de listas e assim sucessivamente"* (Papert, 1985, p. 22).

O LOGO permite operar com estruturas parciais, mas autónomas dessa linguagem. A geometria da tartaruga é a mais conhecida das suas componentes, constituindo a abordagem comum na iniciação ao LOGO, sendo também a que foi adoptada neste estudo. A especificidade da contribuição de Papert — e daí a linguagem ficou a ser conhecida precisamente por esse nome — está na manipulação de um objecto gráfico designado por "tartaruga", que é capaz de se deslocar no ecrã deixando um rastro.

## **A geometria da tartaruga**

Na geometria da tartaruga, o papel central é desempenhado por um pequeno triângulo luminoso ou mesmo uma tartaruga miniatura, que permite "pensar com" (*To think with*, Papert, 1980).

A tartaruga possui como características essenciais, uma posição num sistemas de coordenadas cartesianas, cuja origem coincide com o centro do ecrã, uma orientação em qualquer direcção ou sentido e um estado que lhe permite deixar ou não um traço no ecrã quando nele se desloca.

Nalgumas versões o LOGO possui ainda uma característica dinâmica, através de um novo elemento – a velocidade.

É a esta tartaruga que está associado um conjunto de instruções elementares, os comandos primitivos (Marti, 1980), também designados apenas por primitivas (Papert, 1980) que faz apelo a movimentos naturais do ambiente humano, como Avançar e Recuar e Virar à Direita e Virar à Esquerda.

É a partir destas instruções elementares que a criança se vai familiarizando com a actividade de programar um computador, podendo verificar a evolução dos seus programas e corrigir activamente os erros, até alcançar o resultado desejado. É esta tarefa de detecção e correcção activa dos erros (*bug-debbuging*) que está associado o poder do LOGO na mobilização da actividade cognitiva, pois permite actuar sobre as próprias estratégias de resolução de problemas, e, como dissemos já, fazer uma reflexão sobre os processos de pensamento, i.e., uma actividade metacognitiva.

Ensinar a tartaruga a fazer alguma coisa, por exemplo, a figura de um quadrado ou uma casinha, é uma metáfora para a actividade de programar, no contexto do LOGO Geometria. Deste modo, como refere Baranauskas (1991) o computador é abstraído na figura da tartaruga.

Programar a tartaruga é, portanto, um modelo procedural, onde os procedimentos que a criança cria para "ensinar" a tartaruga devem conter todos os passos que ela deve executar para alcançar o resultado desejado. As acções da tartaruga são executadas sequencialmente. Por isso, representar um problema a ser resolvido no LOGO envolve saber "o que" a tartaruga é capaz de fazer (primitivas), o que ela "deve" fazer para produzir as figuras desejadas no ecrã e "como" lhe dar instruções para obter o efeito desejado (passo a passo, usando o comando Repete ou iteração simples ou a recursão). A tartaruga, e indirectamente o computador, é tratado como uma "entidade" que obedece a ordens. Ou como Papert (1980, 1993, 1996) gosta de referir, uma entidade que é programada pela criança mais do que a criança é

programada pelo computador. E, como vimos, este é claramente o paradigma procedural ou imperativo de programação.

No LOGO os projectos podem ser realizados passo a passo, sendo igualmente possível integrar as várias instruções em procedimentos. A criança pode atribuir-lhes nomes e utilizá-los posteriormente noutros projectos mais complexos. Esta possibilidade de construir uns procedimentos à custa de outros é o que confere um grande poder a esta linguagem, reforçando ao mesmo tempo um tipo de estratégia modelar na resolução de problemas, que consiste na decomposição de cada problema em sub-problemas de mais fácil resolução.

Para ilustrar estas possibilidades vamos recorrer a dois exemplos, um que ilustra uma estratégia de programação de baixo-para-cima ou "*bottom-up*" e outro de cima-para-baixo ou "*top-down*". Na primeira, parte-se do particular para o global, quer dizer, um conjunto de instruções elementares é integrado num procedimento designado "quadrado", que posteriormente é integrado noutros procedimentos mais complexos, denominados "janela" e "casa". Na segunda parte-se de um projecto complexo, i.e., uma ideia global (fazer um bairro), que deve ser decomposta nos seus vários elementos para se chegar à resolução global do problema.

Estas duas estratégias podem e devem ser utilizadas pelas crianças. Contudo, o segundo exemplo exige uma planificação mais cuidada e uma capacidade de estar atento à globalidade de modo a que cada procedimento concorra para a realização da ideia inicial. Como veremos, na descrição e análise das tarefas realizadas pelas crianças que participaram no nosso experimento, ambas as estratégias foram usadas neste trabalho, mas com uma nítida preferência pela estratégia que vai do particular para o global. Só as mais inseguras preferiram a segunda estratégia, de natureza mais dedutiva e racional.

### Primeiro exemplo (estratégia "bottom-up")

A criança quer ou foi-lhe sugerido que fizesse um "quadrado"

Para Quadrado

PF 50

VD 90

PF 50            A tartaruga faz um quadrado de 50 passos de lado para a direita,  
VD 90            a partir do centro do ecrã

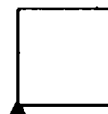
PF 50

VD 90

PF 50

VD 90

FIM



Este quadrado pode ser programado de uma forma mais económica utilizando para o efeito o comando Repete

Temos assim:

Para Quadrado

Repete 4 [PF 50 VD 90 ]

Fim

Uma vez completo, o quadrado é memorizado pelo computador (se a criança estiver a trabalhar no modo ensinar). Sempre que a criança escrever quadrado na página da frente (modo directo) a tartaruga desenhara o quadrado que a ela lhe ensinou a fazer. Este quadrado já programado poderá ser utilizado pela criança como um sub-procedimento, num procedimento mais complexo.

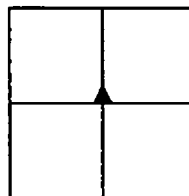
Por exemplo:

A criança quer construir ou é-lhe sugerido que faça uma janela.

Para janela

Repete 4 [Quadrado VD 90 ]

Fim



A Janela poderá, por sua vez, ser integrada noutros procedimentos ainda mais complexos como, por exemplo, numa Casa, conferindo à criança

que está a programar um progressivo aumento de poderes, uma grande economia de tempo e sobretudo a capacidade de construção de esquemas a partir de acções elementares. Daí que ao LOGO sejam atribuídos efeitos positivos na organização da acção, i.e., do saber e saber-fazer associado à acção (esquemas procedurais, planificação, semântica das acções, etc.).

### Segundo exemplo (estratégia "top-down")

A criança quer ou é-lhe sugerido que faça uma Casa e depois um Bairro

Para Casa

Quadrado

Deslocamento1

Telhado

Deslocamento2

Porta

Fim

O computador responde que não sabe fazer Quadrado

Para Quadrado

Repete 4 [ PF 50 VD 90 ]

Fim



O computador responde que não sabe fazer Deslocamento1

Para Deslocamento1

PF 50 VD 30

Fim



O computador vai responder que não sabe fazer Telhado

Para Telhado

Repete 3 [ PF 50 VD 120 ]

Fim



O computador vai responder que não sabe fazer Deslocamento2

Para Deslocamento2

VD 60 PF 20 VD 90 LC PF 50 VD 180 LB

Fim



O computador vai responder que não sabe fazer Porta

Para Porta

Repete 2 [ PF 20 VD 90 PF 10 VD 90 ]

Fim



A casa fica completa. O computador aprendeu a fazer a casa que a criança lhe ensinou. Daqui para a frente é suficiente escrever Casa para que a tartaruga a execute. Este procedimento pode ser usado para fazer um Bairro.

Temos assim:

Para Bairro

Repete 5 [ Casa Deslocamento3 ]

Fim

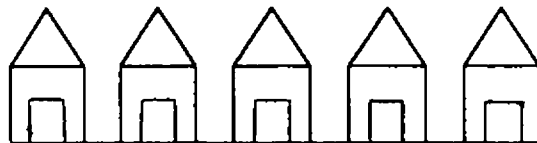
O computador vai responder que não sabe fazer Deslocamento3

Para Deslocamento3

VD 90 PF 50 VD 90

Fim

Um bairro com cinco casas fica programado



Estes dois exemplos servir-nos-ão para compreender melhor os princípios que estão na base desta linguagem de programação.

Segundo Larrivée e Michaud (1980) estes princípios podem resumir-se a seis noções: de estado, de procedimento, de nomear, de recursão, de bug e de debugging.

A noção de estado, refere-se a dois elementos indissociáveis do real, a saber: o tempo e o espaço. No plano espacial, o sujeito tenta controlar, desde as primeiras manipulações a direcção e posição da tartaruga através dos comandos primitivos do LOGO: dois associados à variável direcção, que são Direita (VD) e Esquerda (VE) e outros tantos associados à variável posição, que são andar Para a Frente (PF) e andar Para Trás (PT).

A um nível mais elaborado, trata-se de descobrir e precisar a evolução de um projecto no exacto momento da sua realização, o que permite ao sujeito situar-se nele tendo em vista a sua correcção (*debugging*) ou continuação.

No plano temporal, a decomposição de um projecto em procedimentos e a sua análise nos diferentes tempos de realização permite discernir o desenrolar temporal e as transformações ocorridas ao longo das diferentes sequências temporais.

A noção de procedimento: na realização de um projecto a noção de procedimento consiste na elaboração da sequência lógica de um percurso conducente ao objectivo a atingir. Constitui a dimensão estrutural que o sujeito pode utilizar para resolver um problema (está subjacente às noções de organização no espaço e no tempo, de planificação e de elaboração de estratégias).

O primeiro momento da realização de um projecto consiste na definição de um problema de aprendizagem. Em seguida, a planificação ilustrará o resultado desejado. Posteriormente, e de acordo com o nível de evolução e conhecimentos do sujeito, há a elaboração dos meios para resolver o problema. Por fim, o ensaio e concretização dos processos que resultam na realização dos procedimentos (passo a passo, utilizando o comando Repete, a modularidade simples e complexa), leva, entre outras coisas, à utilização de estratégias de detecção e correcção dos erros (*bug-debugging*) que serve para



atingir os resultados pretendidos. Trata-se de “pensar qualquer coisa que se quer realizar no computador e de ensinar a fazê-lo”.

A estrutura do procedimento pode ser simples, i.e., a utilização de um procedimento global, que visa atingir um único objectivo, ou complexa, em que se utiliza um conjunto de procedimentos locais, visando atingir objectivos múltiplos.

O conjunto destes objectivos parciais e final, corresponde às noções de sub-procedimento e procedimento. A diferenciação do objectivo global em sub-objectivos permite uma descrição mais clara dos meios a utilizar o que gera um conjunto de acções mais operacionais, permitindo uma maior generalização. Em termos piagetianos a estrutura de procedimento simples corresponde a um raciocínio intuitivo e a estrutura de procedimento complexo a um raciocínio de tipo operatório.

Como já referimos, a linguagem LOGO está organizada com base em procedimentos. Para o seu criador, Papert, grande parte do pensamento humano pode ser estruturado desse modo. Ao permitir concretizar procedimentos e manipulá-los, o LOGO faculta aos sujeitos a possibilidade de explorar os seus próprios procedimentos mentais (Papert, 1980). É ainda a esta estrutura da linguagem que é atribuído o poder de ter efeitos na planificação e organização das acções: acções elementares que se organizam em esquemas, esquemas que se organizam em estruturas.

A noção de nomear. Esta actividade consiste em dar nomes significativos aos procedimentos. Chamar QUADRADO a um quadrado é fácil para os adultos e crianças a partir dos 4 anos; já não acontece o mesmo quando os procedimentos não coincidem com algo conhecido. Encontrar um nome para dar a uma trajectória desconhecida, por exemplo, deslocar a tartaruga de um local do ecrã para outro com o objectivo de continuar a realizar um dado projecto, constitui uma actividade de nomeação. Esta actividade é um suporte representativo, i.e., declarativo, que dá a possibilidade de manipular “objectos” com a finalidade de atingir os objectivos. A escolha dos nomes para os procedimentos que o sujeito vai construindo fornecem indicadores sobre a sua compreensão em relação a um fenómeno particular. Esta actividade não é

simples. Todos nós sabemos como é difícil aplicar e sobretudo criar termos novos que 'referenciem' o fenómeno ou objecto percebido.

A noção de recursão: no plano teórico consiste em constatar a repetição de um fenómeno num dado contexto. No plano prático, consiste na reaplicação de um conjunto de acções para resolver um problema. A recursão encoraja o sujeito a planificar estratégias de rendimento máximo e custo mínimo. No LOGO, como noutras linguagens de programação, a recursividade consiste em utilizar procedimentos que se utilizam a si próprios como sub-procedimentos. Veja-se o exemplo dado no capítulo 1 (pp. 116-122).

A noção de bug: o termo *bug* quer dizer dificuldade, obstáculo, erro, e designa uma falha na planificação e na elaboração de um projecto. No ecrã o *bug* corresponde a uma falha relativamente ao que tinha sido planificado, por outras palavras, uma inadequação entre o resultado desejado e o obtido. O conceito de *bug* difere do de erro na medida em que não é estático e sujeito a desaprovação. O *bug* é uma noção dinâmica e por isso pode ser utilizada para múltiplos fins.

Os *bugs* são reveladores dos processos utilizados pelo sujeitos na resolução de um dado problema, sendo o trabalho da sua detecção na programação profissional um dos mais morosos e difíceis de fazer.

No meio educativo, o *bug* possui o mesmo estatuto dinâmico atribuído ao erro na concepção piagetiana da aprendizagem. É um indicador do nível de compreensão de um dado fenómeno. Perante um *bug*, uma criança pode querer ou ser aconselhada a corrigi-lo para realizar o projecto inicial ou simplesmente mudar de projecto aproveitando o próprio erro, depois de o ter detectado e percebido.

A noção de debugging está directamente relacionada com a noção de *bug*. O processo de *debugging* visa fundamentalmente reconhecer e perceber qual foi o 'erro' e elaborar as estratégias necessárias para a sua resolução. Esta atitude procura incentivar um efeito de generalização a situações posteriores e desenvolver a capacidade de analisar problemas de modo a estabelecer os meios mais eficazes para os resolver.

É no processo de pensar mais sistematicamente o que se deseja fazer, ou melhor, o que se quer que o computador execute, e na correcção do que não foi realizado de acordo com o planificado, que reside o grande poder desta linguagem de programação na mobilização da actividade cognitiva e metacognitiva dos sujeitos. A linguagem regista os passos dados para resolver um dado problema e fornece um *feedback* imediato entre a intenção e a acção, consentindo desse modo uma reflexão sobre o processo de pensamento utilizado. Nenhum outro meio dá esta possibilidade, como referem Collins et Brown (1988).

**Mendelsohn** (1991) numa perspectiva desenvolvimentista, propõe uma análise dos princípios que estão subjacentes à linguagem LOGO, num modelo mais integrativo e abstracto do que o anterior (que consideramos muito descritivo).

Para este autor o LOGO geometria ou gráfico, devido às suas características, permite desenvolver um conjunto de competências no programador-aprendiz que podem ser representadas sob a forma de círculos concêntricos que se vão alargando, pelo menos em quatro dimensões complementares: proposicional, analógica, dimensional e lógica (ver fig. 3-1).

**O Pólo Proposicional:** o LOGO é sobretudo uma linguagem, quer dizer, um sistema simbólico que nos reenvia para o problema da denominação e da significação do seu alfabeto e da sua gramática (sintaxe e semântica). A este propósito ver os excelentes artigos de Vitale (1988) e de Shaw (1990). Do ponto de vista das aquisições, as crianças têm que, num primeiro momento, aprender a denominar e a atribuir significado aos diferentes comandos da linguagem. Depois, conforme vão progredindo na aprendizagem, o vocabulário conceptual associado aos objectos de complexidade crescente faz referência a um mecanismo conhecido pelos psicólogos depois do trabalho de Miller (1956) sobre a organização dos estímulos na memória: o "*chunking*" (a que nos referimos no capítulo 1).

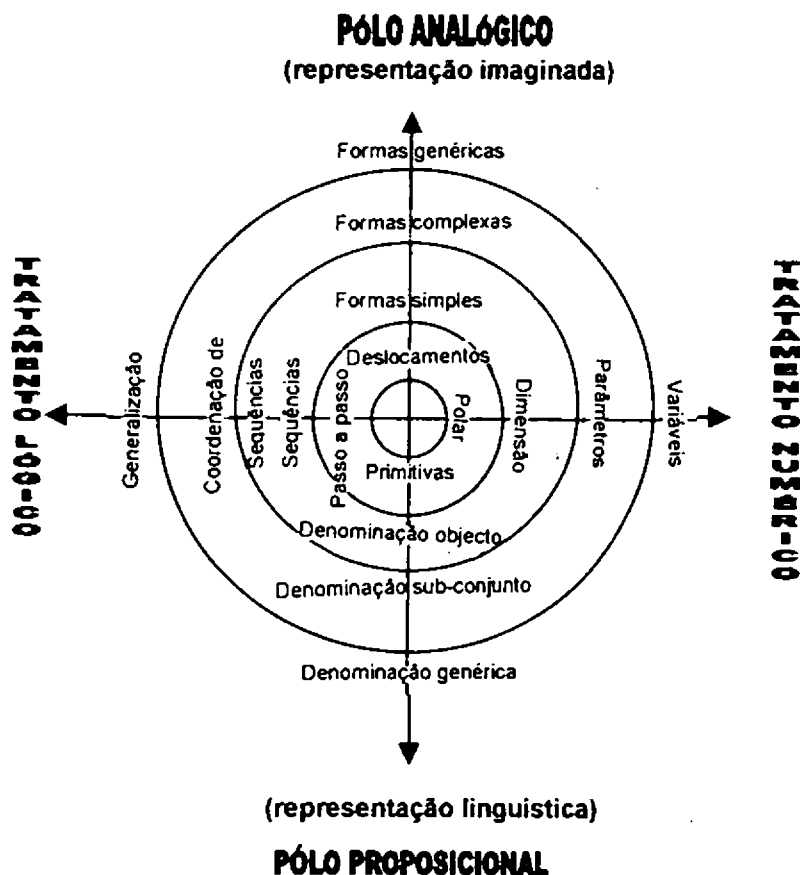


Fig. 3-1: Um modelo para descrever as actividades LOGO de um ponto de vista desenvolvimentista (Mendelsohn, P. (1991). "LOGO: Qu'Est-Ce Qui Se Developpe?". In J.-L. Gurtner et J. Retschitzki, *LOGO et Apprentissages*. Neuchâtel.: Delachaux et Niestlé, p.55).

Com efeito, um termo genérico como LINHA para denominar um determinado procedimento em que a tartaruga avança 100 passos e recua outros 100 distingue-se do comando avançar ou andar Para a Frente 100 passos na medida em que compreende implicitamente um voltar ao estado inicial. No entanto, o resultado final é o mesmo.



Do mesmo modo JANELA é uma denominação que compreende um conjunto de operações elementares integradas numa só denominação. Este

**O Pólo Analógico:** os comandos gráficos têm um efeito sobre o ecrã que evocam formas de complexidade variável que têm de ser reconhecidas: linhas paralelas, quadrados, rectângulos, triângulos, formas embutidas, etc. O sujeito deve ser capaz de distinguir progressivamente os objectos gráficos dos deslocamentos, depois situar os primeiros num sistema de referência, geralmente cartesiano. Este desenvolvimento conduz à capacidade de 'ver' formas genéricas complexas como conjuntos coordenados de operações espaciais elementares. A forma gráfica pode ser quer uma instanciação de relações lógicas invariantes, por exemplo, um quadrado 'apoiado' na base ou sobre um 'ponto', quer uma representação de dimensões, por exemplo, um quadrado grande ou pequeno.

O **Pólo de 'Tratamento Lógico'**: é o que permite a construção progressiva da organização temporal dos comandos – sequências, módulos, repetição, chamada recursiva, etc. Uma figura complexa, como a ilustrada no segundo exemplo antes descrito, traduz-se numa linguagem de programação como o LOGO, por uma rede de relações que é necessário explicitar através do desenvolvimento do programa. Esta dimensão designa os modos de controle que a criança utiliza para organizar o desenrolar temporal dos procedimentos. Esta está de início sob o controlo total da criança – é a programação passo a passo. Só gradualmente é confiada à máquina. A utilização do comando Repete, que compreende uma componente modular – a lista de instruções entre parêntesis rectos [ ... ] pode ser considerada como um módulo, pois é já uma forma de composição de sequências. A iteração e a recursividade são os exemplos mais elaborados desta dimensão lógica da linguagem. Permitem confiar a uma estrutura interna de controlo o desenvolvimento das acções a realizar. Este é, no entanto, um nível dificilmente alcançável por crianças de 9-10 anos. Como adiante veremos, na descrição e análise dos trabalhos das crianças que participaram na experiência, algumas preferiam, mesmo sabendo utilizar o comando Repete e a iteração, realizar os projectos passo a passo. Este modo de trabalhar tem uma relação mais directa entre a acção e seu efeito, o controlo da actividade está nas 'mãos da criança', o que é mais gratificante para algumas delas.

Finalmente o **Pólo de 'Tratamento Numérico' ou Dimensional**: descreve as etapas da quantificação das dimensões das figuras pela utilização de parâmetros e variáveis. Esta componente do LOGO faz referência às dimensões – tamanho dos deslocamentos, valor dos ângulos, número de iterações, etc., que são manipuladas nas actividades de programação gráfica. As crianças começam por trabalhar com as dimensões 'polares', i.e., anda Para a Frente um pouco, Vira à Direita x graus, Vira à Esquerda y graus, antes de prestar atenção aos sistemas de medida e aos parâmetros associados às dimensões. Uma outra característica deste pólo tem a ver com o número de dimensões que a criança pode tratar em simultâneo – comprimento, valor dos ângulos, número de lados, etc.

É a partir deste modelo de análise da actividade de programação em LOGO que Mendelsohn vai reconsiderar a noção de estágio de desenvolvimento numa actividade complexa. Não só descreve quatro níveis de progressão na aprendizagem da programação por crianças em idade escolar, como nos fornece uma análise das relações que existem entre eles. A sua análise retoma e alarga a feita por Mc Keough (1985), de inspiração neo-piagetiana, e mais especificamente do modelo de desenvolvimento cognitivo proposto por Robbie Case (1985). Contudo, o estabelecimento de níveis de progressão na actividade de programação foi iniciado por Pea & Kurland em 1984, segundo um modelo de 'resolução de problemas' mais do que um modelo 'desenvolvimentista'.

**Mc Keough** (1985) considera a programação gráfica em LOGO como a transformação de uma representação analógica numa representação proposicional com quantificação. O modelo desta autora, inspirado na teoria Case (1985), levou-a a distinguir quatro níveis para descrever a evolução das competências das crianças nas tarefas de reprodução de traçados gráficos:

um nível 0 (3-5 anos), caracterizado por uma estratégia polar: as ordens que as crianças destas idades dão à tartaruga são do tipo Anda Para a Frente Um Pouco (PF 10, PF 100, PF 30, ...), Virar à Direita ou à Esquerda Um Pouco (VD 10, VD 20, VE 90, ...), mas sem ter em conta as dimensões da figura;

um nível 1 (5-7 anos), no qual a criança já é capaz de coordenar duas dimensões polares (Anda Para a Frente Um Pouco, Vira à Direita), mas onde a quantificação só se faz numa das dimensões;

um nível 2 (7-9 anos), designado por 'coordenações bifocais' onde a criança já é capaz de construir quantificações sobre duas dimensões, por exemplo, lados e ângulos de figuras geométricas.

um nível 3 (9-11 anos), onde a criança já é capaz de realizar coordenações elaboradas por compensação de duas variáveis diferentes em

covariação. Este último nível leva a criança a poder manipular objectos abstractos, como o polígono de  $n$  lados.

Mendelsohn (1991) partindo de um exercício que a criança deve programar em LOGO, uma quadricula de 5x5 quadrados (ver fig. 3-2) e utilizando um conjunto limitado de comandos LOGO (PF  $n$ ; PT  $n$ ; VD  $n$ ; VE  $n$ ; LC; LB) e uma gramática elementar (sequencialidade, repetição e modularidade), vai propor uma abordagem do tipo construtivista da aprendizagem da programação LOGO. A progressão sugerida é a seguinte:

Nível 0: pilotagem de formas elementares. A criança deste nível considera a quadricula como um conjunto de deslocamentos; o seu objectivo limita-se a passear a tartaruga pelo ecrã seguindo passo a passo os efeitos que obtém. Os procedimentos deste nível são do tipo:

PF 100 VD 90 PF 20 VD 90 PF 100 VE 90 PF 20 ...

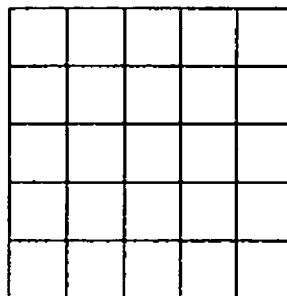


Fig. 3-2: Figura a ser programada em LOGO

Nível 1: Pilotagem de sequências (modularidade simples). Neste nível a criança considera a figura complexa como um conjunto de linhas e deslocamentos. Cada LINHA é ela própria um deslocamento da tartaruga e uma reinicialização. O objectivo da criança compreende uma sub-finalidade: construir a sequência LINHA e um objectivo principal: descrever a figura como um conjunto não organizado de linhas. O programa é parecido com:



PARA LINHA  
PF 100 PT 100  
FIM

PARA QUADRÍCULA  
LINHA VD 90 PF 20 VE 90 LINHA VD 90 ...  
FIM

Nível 2: Coordenação de sequências (modularidade elaborada). Neste nível a criança já representa a figura como um conjunto de linhas horizontais e verticais; esta descrição é já um conjunto coordenado de sequências e cada sequência, um conjunto de primitivas. Neste nível existem duas sub-finalidades coordenadas: a) a construção de uma LINHA e de um DESLOCAMENTO e b) a construção de uma GRELHA formada de linhas paralelas. Estas duas finalidades permitem a construção da quadrícula.

PARA LINHA.DES  
PF 100 PT 100 VD 90 PF 20 VE 90  
FIM

PARA GRELHA  
REPETE 5 [ LINHA.DES ]  
FIM

PARA QUADRÍCULA  
GRELHA LC PF 100 VD 90 PT 120 LB GRELHA  
FIM

Nível 3: Generalização (parametrização). É neste nível que a quadrícula proposta é percebida como um caso particular de uma estrutura complexa (o conjunto de quadrículas NxN de comprimento variável). A descrição deste nível permite extrair as invariantes espaciais características de uma figura como esta e os parâmetros associados ao que pode variar num conjunto como este. Os procedimentos deste nível são os seguintes, já com utilização de variáveis:

PARA LINHA :PAS

PF :PAS PT :PAS

Este procedimento permite fazer linhas de vários comprimentos

FIM

(ex: LINHA 20, LINHA 100)

PARA DESLOCAMENTO :PAS

VD 90 PF :PAS VE 90

Este procedimento permite construir qualquer deslocamento

FIM

PARA GRELHA :N

REPETE :N LINHA :N \* :COTE DESLOCAMENTO :COTE

FIM

PARA QUADRÍCULA :NÚMERO :COTE

GRELHA :NÚMERO LC PF :NÚMERO\* :COTE

VD 90 PT (:NÚMERO +1)\* :COTE

LB GRELHA .NÚMERO

FIM

Este último procedimento parametrizado permite fazer qualquer quadrícula NxN. Claro que, este nível não é atingível por crianças de 9-10 anos (final do 1º ciclo da escolaridade básica). Pensamos que nestas idades só conseguirão atingir o nível 3 de Mc Keough e 2 de Mendelsohn se e apenas se, o ambiente instrutivo as apoiar nesse sentido.

Estas duas análises desenvolvimentistas da actividade de programação em LOGO, foram-nos muito úteis para conceber o 'currículo LOGO' a ensinar às crianças da C.E. durante o ano lectivo que durou a experiência. Permitiram-nos estabelecer os limites de conhecimento de programação LOGO que poderiam compreender e assimilar. Contudo, este aspecto não foi suficiente. Necessitávamos ainda de um modelo da aprendizagem pela instrução que nos servisse de padrão para conceber métodos e técnicas de ensino eficazes. Mas disso falaremos no capítulo seguinte.

O trabalho de **Pea & Kurland** (1984) anterior a estes dois, estabelece os seguintes níveis de domínio da actividade de programação:

Nível 1: utilizador de programas. Neste nível aprende-se a trabalhar com programas já programados como jogos, demonstrações, lições de ensino assistido por computador. O que o sujeito aprende nestes ambientes informatizados é reduzido mas importante. Por exemplo, fica a conhecer as teclas que executam determinadas tarefas, como 'carregar' o programa no computador, usar os diferentes menus do programa, etc. Esta aprendizagem não revela o modo como trabalha o programa que se utiliza ou que é o programa que controla o que se passa no ecrã. Para muitas pessoas, este nível de conhecimento é suficiente para um uso efectivo do computador — por exemplo, utilizar um processador de texto, uma folha de cálculo, jogos, correio electrónico, Net. Mas para ter um controlo mais efectivo do computador a aprendizagem da programação, seja de que tipo for, é necessária.

Neste nível não se pode esperar grandes efeitos de transferência, a não ser no que se refere a aspectos relacionados com o conhecimento do computador (*computer literacy*). Por exemplo, dos alunos que aprenderam a utilizar vários tipos de programas, pode ser esperado que saibam o que os computadores são capazes de fazer, o que não podem fazer, e aspectos fundamentais de como funcionam e são utilizados nas instituições e na vida quotidiana. Como utilizadores, as crianças devem aprender como usar o computador e quais os programas que permitem resolver os problemas com que se deparam. Devem ainda saber quando é apropriado utilizá-los ou não.

Nível II: Gerador de código. Neste nível os alunos conhecem a sintaxe e semântica dos comandos mais comuns numa dada linguagem de programação. Podem ler os programas elaborados por outra pessoa e o que cada linha de código realiza em termos de efeitos. Devem ainda ser capazes de localizar os *bugs* que não permitem que certos comandos sejam executados (erros de sintaxe), carregar e guardar filas de programas de e para uma disquete e escrever programas simples. Quando está a programar, o aluno deste nível utiliza pouco a pré-planificação e não se preocupa em documentar o programa elaborado. Não existe a preocupação de otimizar o código do programa ou de tornar este último legível ou utilizável por outros. Programas típicos deste nível são os que executam o nome do aluno repetidamente no

ecrã ou que desenham a mesma forma, variando apenas a cor. O aluno produz apenas 'procedimentos' globais e não usa sub-rotinas que possam ser usados noutros programas. Este nível de compreensão da actividade de programação é suficiente para criar pequenos programas. Contudo, para produzir programas mais úteis e flexíveis, é preciso progredir-se para o nível seguinte.

Os efeitos de transferência neste nível são reduzidos, mas superiores ao nível anterior, nomeadamente no que respeita ao conhecimento procedural, i.e., o que permite tirar partido das várias opções dos sistemas informáticos. Ao nível da transferência de processos cognitivos os resultados são contraditórios, dependendo do método instrutivo utilizado.

Nível III – Gerador de programas. Aqui, os alunos dominam os comandos básicos de uma dada linguagem de programação e começam a pensar em termos de unidades de nível superior. São capazes de ler programas e explicar as suas finalidades, que funções têm as suas diferentes partes e como é que estas estão conectadas entre si. São ainda capazes de localizar os *bugs* que provocam o mau funcionamento e de escrever programas longos, mas sem uma nítida preocupação de os tornar 'amigáveis' e utilizáveis por outros.

Nível IV – Produtor de software. Neste nível os alunos são capazes de escrever programas complexos que tiram partido de todas as capacidades do computador e que sejam compreensíveis e utilizáveis por outros. Existe já uma compreensão profunda da linguagem de programação e de como ela interage com as componentes 'escondidas' do computador. Quando lhes são dados programas para ler, os alunos deste nível podem analisar os seus códigos e simular mentalmente o que eles fazem, ver como os objectivos são atingidos e como poderiam ser melhor escritos ou adaptados para outras finalidades.

É neste nível sofisticado de programação que, segundo Pea & Kurland (ibidem) se pode esperar uma transferência extensiva de competências cognitivas. Os alunos podem distanciar-se dos níveis elementares de programação (domínio do código, sintaxe e semântica da linguagem) para reflectir nas fases e processos da resolução de problemas.

Estes níveis estabelecidos por Pea & Kurland são úteis para situar os objectivos a atingir com a introdução dos computadores nas escolas. Que tipo de programas introduzir? Com que finalidades? Até onde pode ir a aprendizagem de certos programas? Que tipo de transferência de competências cognitivas e de conhecimentos podemos esperar em cada nível? etc.

## **Os outros paradigmas suscitados pelo LOGO**

Como referimos, o LOGO é uma linguagem de programação mista que permite operar com estruturas independentes. A mais utilizada é da geometria da tartaruga, que nos reenvia para o paradigma procedural ou imperativo de programação. Existem, contudo, dois outros paradigmas presentes no LOGO: o orientado por objectos e o funcional.

O LOGO ao permitir o trabalho com tartarugas múltiplas aproximou-se do paradigma de programação por objectos. Existem mesmo na actualidade versões LOGO desse tipo como, por exemplo, o Object LOGO.

Muir (1989, citado por Baranauskas, 1991) exemplifica, no contexto LOGO, este paradigma, através da imagem de um computador contendo várias tartarugas (objectos), cada uma com um formato diferente: uma representada por um pequeno triângulo, outra por um pequeno losango, etc. Cada tartaruga comporta-se de um modo diferente, ainda que obedeçam a comandos idênticos. Cada uma tem os seus próprios procedimentos, variáveis, etc. e pode desenhar com cores ou padrões diferentes, em função do modo como cada objecto é definido. Assim, uma delas pode responder a um comando "PARAFRENTE" com uma linha contínua de pontos, outra responder com um tracejado e uma terceira com uma sequência ondulatória (Figura 3-3).

Objectos:

Mensagem: PARAFRENTE

Reacção à mensagem:

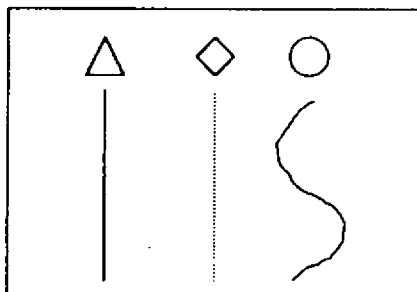


Figura 3-3: Utilização de tartarugas múltiplas em LOGO

Contudo, o LOGO orientado por objectos tem sido usado na educação mais pelo seu efeito estético (animação de várias tartarugas) do que pelo paradigma que lhe está subjacente. Usam-se tartarugas múltiplas no modo procedural de programar.

A manipulação de listas, outra componente do LOGO, é uma herança directa da linguagem LISP (aliás, a primeira versão do LOGO ficou a ser conhecida como '*baby Lisp*' e não tinha a tartaruga e as suas primitivas gráficas). Contudo, esta dimensão do LOGO é pouco utilizada e compreendida pela comunidade educativa. Mas a manipulação de listas introduz um novo paradigma: o funcional. Exige mais conhecimentos de programação e a sua simbologia não é acessível a crianças pequenas.

O LOGO tem assim três universos distintos ao nível de paradigmas de programação: o procedural ou imperativo, através da manipulação da tartaruga (LOGO Gráfico ou Geométrico), o orientado por objectos, através da manipulação de várias tartarugas (LOGO Objecto) e o funcional, através da manipulação de listas (LOGO Listas). Ao possibilitar a utilização de vários paradigmas, torna-se numa ferramenta extremamente flexível para o utilizador que deseja 'sentir o sabor' dos vários paradigmas (Baranauskas, 1991).

Apesar destas possibilidades, o LOGO é sobretudo utilizado na sua componente procedural, através da manipulação da tartaruga. Quando usado nas suas três componentes, levanta dificuldades aos que se estão a iniciar na aprendizagem da programação informática pois os 'novatos' tendem a resolver

problemas de natureza funcional (quando estão a trabalhar com 'listas') com procedimentos de natureza 'procedural'.

## **Os membros da família LOGO**

Outra característica da linguagem de programação LOGO são as suas variantes ou membros da família. Os mais conhecidos e usados na educação são: o LOGO WRITER, o LEGO-LOGO, o LOGO BASE, o OBJECT LOGO e o STAR LOGO.

O LOGOWRITER, associa ao micromundo das tartarugas programáveis ao do cursor e da manipulação de palavras, permitindo ao utilizador explorar o universo do tratamento de texto e o da edição de programas. Foi esta a versão usada no nosso trabalho empírico.

O LEGO-LOGO permite relacionar o mundo das acções reais com a sua descrição proposicional. Com este sistema as crianças podem construir 'máquinas' e 'criaturas' feitas de peças de LEGO, acoplarem-lhe motores e sensores e depois escrever programas em LOGO que permitem controlar os seus movimentos. Associado a este sistema foi desenvolvido um 'tijolo programável', i.e., um LEGO com um mini-computador inserido. As crianças podem usar estas novas peças de LEGO e os sensores com elas associadas para construir robots. A equipa do MIT que está a desenvolver este projecto pensa que com estas ferramentas as crianças terão uma nova imagem (e um novo sentido de controlo) da computação. Esta versão do LOGO foi também introduzida na escola onde se desenvolveu o trabalho empírico, sendo contudo, apenas aprendido por um pequeno grupo de crianças mais interessadas e no contexto de actividades extra-curriculares.

O LOGO BASE é um micromundo que facilita a gestão e organização das informações. Permite construir bases de dados.

O STARLOGO transforma a programação linear em paralela. É um micromundo descentralizado. Com esta nova ferramenta, apropriada para crianças mais velhas, os utilizadores podem escrever regras para milhares de 'formigas artificiais' e observar os comportamentos da colónia que emergem das interações entre os seus membros. Neste universo as crianças são conduzidas a pensar de modo descentralizado e a perceber o funcionamento de sistemas cujo comportamento global emerge das múltiplas interações das suas componentes. Não existe um controle hierárquico e centralizado.

## **As razões de uma escolha**

Que razões precisas nos levaram a escolher a linguagem de programação LOGO para esta investigação (e mais precisamente a versão LOGO Writer)?

Já referimos na introdução algumas dessas razões. Vamos agora enumerar as mais pertinentes.

a) O LOGO, como acabamos de ver, é muito mais do que um triângulo luminoso, *robot* ou tartaruga que se desloca no ecrã a partir de um programa e cuja expressividade contribuiu para a sua relativa popularidade.

Trata-se, antes de mais, de uma linguagem informática completa que permite manipular listas de palavras, frases, ordens ou mais usualmente objectos. Permite compor coisas tão variadas como poemas ou dicionários de frases, desenhar ou animar objectos e criar programas adaptados às crianças.

A geometria da tartaruga pode ser explorada por crianças a partir dos quatro anos de idade.

b) A programação em LOGO permite uma aprendizagem construtivista, que se efectua segundo o ritmo de cada criança. Esta pode decidir os projectos que quer realizar, planificá-los emitindo previsões e inferências que guiam as suas acções, organizar à sua maneira os meios que lhe permitirão encontrar a



solução. Não existe um caminho único para a solução de um mesmo problema, existindo, pelo contrário, várias maneiras de o programar.

c) A linguagem LOGO dá acesso a uma estratégia modular na resolução de problemas: subdivisão de um problema em vários sub-problemas, integração de procedimentos mais simples noutros mais complexos e busca activa dos erros e sua correcção.

d) Ao facultar a consulta e a comunicação do conteúdo dos programas, a programação em LOGO favorece a discussão, as trocas de ideias e consequentemente a descentração sócio-cognitiva indispensável para a lógica das operações. "Operação, quer dizer, co-operação, pois a lógica é precisamente um sistema coordenado de pontos de vista, quer no sentido de pontos de vista de indivíduos diferentes, quer no de sucessivas percepções e intuições do mesmo indivíduo" (Kamii, 1971, p. 298).

e) A programação em LOGO é interactiva, favorece um jogo constante entre previsões, antecipações e inferências, por um lado, e leitura, constatações e verificações, por outro. O LOGO, facilita deste modo, a reflexão sobre a própria aprendizagem (Papert, 1980).

f) A programação em LOGO faz a ponte entre a abstracção empírica e a abstracção reflexiva<sup>2</sup>, ao fornecer elementos concretos sobre as estratégias usadas para resolver um dado problema e permitindo reflectir sobre elas (pensar é sobretudo estabelecer e coordenar relações entre objectos, acontecimentos e conceitos). Durante os períodos pré-operatório e operatório do desenvolvimento cognitivo a abstracção reflexiva não pode ocorrer independentemente da abstracção empírica, só possível no estágio das operações formais.

g) O LOGO é um bom ambiente para treinar processos de pensamento ou como refere Mendelsohn (1991) um 'bom ginásio' de actividade mental.

h) O LOGO é um meio que permite estudar os efeitos das interações entre todas as componentes do desenvolvimento cognitivo. O LOGO, como vimos anteriormente, permite a manipulação de parâmetros que constituem a complexidade de uma operação mental: espaço, tempo, número, lógica, semântica, ... (Mendelsohn, 1991).

i) O LOGO Gráfico ao permitir a descrição e manipulação procedural do conhecimento declarativo e intuitivo que as crianças têm do espaço e das figuras geométricas facilita a aquisição e *compilação* deste conhecimento (Anderson, 1983).

j) Finalmente, o LOGO é não só um micromundo para a criança que aprende, mas ainda para o psicólogo que se interessa pelo desenvolvimento das operações mentais e da aquisição de conhecimento.

Estas possibilidades da linguagem LOGO só são realizáveis em ambientes educativos com determinadas características. Entre elas, ser a criança a programar o computador, num ambiente estruturado e colaborativo, i.e., com o apoio do professor e das outras crianças.

O desenho, implementação e avaliação de um ambiente de programação informática é precisamente o objectivo central desta tese. Dele falaremos posteriormente. Antes disso vamos analisar os resultados das investigações realizadas com o LOGO e situar a nossa problemática.

## **A investigação sobre o LOGO: questões e resultados**

A maioria das investigações inicialmente realizadas sobre a utilização dos microcomputadores por crianças não suscitaram questões sobre o contexto social e educativo da introdução dos microcomputadores. Preocuparam-se sobretudo com a compreensão dos aspectos cognitivos envolvidos na actividade de programação, feita por crianças individuais em contextos solitários (Solomon e Papert, 1980). Gradualmente, este modelo cognitivo (Campbell e Schwartz, 1986), característico das primeiras investigações com os microcomputadores e da aprendizagem da programação informática (Feurzig e Papert, 1969; Papert et al., 1979), alargou-se às situações naturais da vida das crianças, nomeadamente às salas de aula.<sup>1</sup> Este local mais 'natural' de utilização dos computadores levou as crianças a interagir com os colegas e com os professores enquanto manipulam e exploram o computador e os programas. Também tornou mais difícil o controlo das variáveis escondidas ou dificilmente avaliáveis inerentes a este novo meio. Os desenhos experimentais (e quasi-experimentais) tiveram que ter em consideração a multiplicidade de variáveis em presença e a orientaram-se no sentido de desenhos pré-teste/pós-teste com grupos de controlo e grupos experimentais.

Alguns investigadores começaram também a privilegiar os métodos naturalistas, como a observação, a entrevista e os estudos de caso, que se mostraram mais adequados para estudar certos aspectos desta nova situação. (ver Campbell, Fein e Schwartz, 1986; Turkle, 1984; entre outros).

As investigações sobre a utilização dos microcomputadores na educação pré-escolar e nos três primeiros ciclos da escolaridade centraram-se sobretudo no estudo dos efeitos no comportamento e desenvolvimento social e cognitivo das crianças. Grande parte do esforço investigativo durante a década de 80, sobretudo com a linguagem LOGO, recaiu sobre a denominada 'hipótese dos efeitos cognitivos da actividade de programação', para utilizar a

frase de Pea e Kurland. Outros domínios investigados foram o próprio LOGO e o LOGO e as matemáticas.

Numa meta-análise das investigações sobre o LOGO (publicadas nas principais revistas científicas da especialidade, nos relatórios dos laboratórios mais representativos do domínio e numa selecção das actas de conferências especializadas, durante o período de 1969 a 1989), Valcke (1991) constatou que as hipóteses formuladas pelos investigadores recaíram sobre os seguintes domínios: o LOGO como linguagem de programação (20 trabalhos); o LOGO e a matemática (35 investigações); o LOGO e seus efeitos na cognição, resolução de problemas e metacognição (48 estudos); o LOGO e a criatividade (4 trabalhos); e finalmente o LOGO e o desenvolvimento afectivo e social (20 trabalhos). Como vemos, o domínio mais estudado foi o dos efeitos da aprendizagem da programação na actividade cognitiva.

Uma meta-análise feita por Liao e Bright (1991), que recaiu sobre o mesmo período de tempo analisado por Valcke (1969-1989), estudou, exclusivamente as investigações realizadas sobre os efeitos nas competências cognitivas. Seleccionaram 65 investigações sobre este tópico a partir de três fontes: ERIC, resumos de dissertações e revistas da especialidade.

Revisões da literatura científica sobre o LOGO até finais da década de 80, no que concerne aos domínios da investigação em educação (contributos do LOGO no ensino das disciplinas) e da psicologia cognitiva (influência do LOGO no funcionamento cognitivo e transferência das aprendizagens) foram feitas por Mendelsohn (1988), Mayer (1988), De Corte e Verschaffel (1986, 1989) e De Corte et al. (1990, 1992).

Não conhecemos análises deste tipo sobre as investigações realizadas com os computadores (e mais particularmente com o LOGO) no nosso País. Numa tentativa de colmatar esta falha, realizamos um estudo descritivo dos artigos presentes nas principais revistas da especialidade e nas actas dos congressos mais representativos, no período compreendido entre 1985 e 1992; analisamos ainda alguns resumos de teses de mestrado e de doutoramento produzidas sobre o tema durante este período, e os projectos educativos

apresentados por professores e investigadores ao Instituto de Inovação Educacional nos anos de 1998 e 1991 (Miranda e al., 1995).

Quais os resultados mais importantes deste vasto conjunto de investigações?

### **As investigações sobre as interacções sociais**

Os receios de certos autores e professores sobre se os microcomputadores são apropriados para crianças do pré-escolar e do 1º ciclo e sobre a sua influência negativa nas relações sociais das crianças por isso no seu desenvolvimento sócio-emocional, não foram sustentadas pelas investigações realizadas nestes domínios.

Vários estudos mostraram que as crianças pequenas e a partir dos três anos podem utilizar os computadores desde que apoiadas pelos adultos (ver Sivin, Lee e Vollmer, 1985; Swigger e Campbell, 1981, citados por Hess e MacGarvey, 1986).

Também não há evidências que provem que os efeitos sociais não são positivos. Pelo contrário, os computadores podem beneficiar o comportamento social das crianças: não só gostam de os utilizar, como esta máquina não interfere demasiado nas interacções sociais da classe do pré-escolar (Lipinski, Nida, Shade e Watson, 1986; Campbell e Schwartz, 1987). Pode até facilitar comportamentos cooperativos (Perlmutter, Behrend, Kuo e Muller, 1987), embora não muito prolongados (Fein et al., 1987), como foi verificado nalgumas classes da primária (Hawkins, Sheingold, Gearhat e Berger, 1982). Estudos posteriores realizados com o LOGO e com crianças mais velhas (9-12 anos e 12-14 anos), mostraram que este tem efeitos positivos no desenvolvimento de objectivos sociais (Valcke, 1991). No mesmo sentido apontam as conclusões de um estudo etnográfico realizado por Schofield (1995) durante dois anos numa escola secundária americana: os computadores facilitam as interacções sociais e modificam o papel do professor. Este passa menos tempo a 'dar lições expositivas' para toda a classe e dedica-se mais ao

apoio individual aos alunos ou grupos que o solicitam ou que estão com dificuldades. A conclusão similar chegou João F. Matos da Faculdade de Ciências (1987), num estudo que realizou no 1º ciclo da escolaridade, num ambiente pedagógico considerado favorável à inserção e desenvolvimento de actividades com o computador (nomeadamente actividades organizadas por áreas de trabalho, onde os alunos participam na sua planificação e avaliação). O número de interacções entre alunos e entre estes e o professor aumenta e diversifica-se, a difusão das aprendizagens realizadas no computador alarga-se a toda a classe e o professor tem tendência a centrar as suas intervenções nas realizações feitas pelas crianças no computador.

Piestrup (1981) notou que durante a primeira semana da utilização dos computadores na sala de pré-escolar há uma disrupção da rotina (efeito de novidade), facto que também constatamos na realização da tese de mestrado (Miranda, 1989). Estudos posteriores mostraram que este efeito desaparece se as crianças tiverem oportunidade de manipular o computador antes de ser introduzido na classe (Fein et al., 1984; Campbell e Schwartz, 1986). Contudo, a entrada dos computadores na escola e nas salas de aula conduz a uma modificação da sua vida social, como provou o já citado estudo realizado por Schofield. Nas palavras da autora *"os computadores são tanto objectos sociais como técnicos, e o seu uso está sujeito à variedade do meio social onde são inseridos, embora com o tempo possam influenciar profundamente esse meio"* (p. 228).

### **Diferenças de utilização segundo os sexos**

As diferenças de utilização dos microcomputadores por sexos, outro aspecto estudado nalgumas investigações, só se tornam nítidas a partir do primário e sobretudo do secundário, a favor do sexo masculino.

Embora os resultados das investigações não sejam muito consistentes, possivelmente devido à dimensão dos grupos observados (Hess e McGarvey, 1987), grande parte dos estudos relata que há diferenças significativas entre rapazes e raparigas e desde o pré-escolar em termos de tempo de utilização e

tipo de interacções estabelecidas com a máquina (Campbell e Schwartz, 1986; Johnson, 1985; Campbell e Swigger, 1983). Berson e Williams (1983) registaram uma tendência para os rapazes terem interacções mais prolongadas com o computador a partir dos cinco anos (e não antes) o que se vai acentuando nos graus posteriores da escolaridade. Observamos o mesmo na realização da tese de mestrado, no presente estudo e até na observação quotidiana. Os rapazes utilizam mais os computadores, até nas actividades de lazer (sobretudo os jogos). Talvez esta tendência tenha a ver com expectativas sociais e com a própria concepção dos jogos e programas. A título de exemplo, a primeira consola de jogos de computador portátil chamava-se precisamente 'Game-boy'. A maioria dos jogos existentes no mercado fazem sobretudo apelo ao imaginário infantil-masculino (ver a este propósito a análise feita por Weizenbaum aos jogos de computador, 1984). Turkle e Papert, num artigo publicado em 1990, analisam as 'vozes e estilos das culturas computacionais', sob o ponto de vista dos modos de pensar mais que das regras sociais. Concluem que muitas mulheres se sentem excluídas do universo dos computadores, porque a 'cultura computacional dominante' os considera próximos do cálculo matemático e da engenharia (áreas tradicionalmente pouco escolhidas pelas mulheres) e porque no ensino da computação se privilegia o modo abstracto e formal de pensar, no qual muitas mulheres não se sentem à vontade. Muitas delas preferem um estilo de pensamento concreto e situado. Daí que estes autores pensem que a não 'exclusão' das mulheres do mundo da informática passa pela aceitação de 'um pluralismo epistemológico', i.e., uma maior aceitação social de várias maneiras de aceder ao conhecimento e de fazer ciência.

Schofield (ibidem), notou também esta tendência 'discriminatória'. Como a autora refere: *"Embora as atitudes dos estudantes em relação aos computadores e as suas reacções para os usar sejam geralmente positivas, os papeis tradicionais associados ao género moldam as suas experiências de modos muito marcantes. É mais comum as raparigas do que os rapazes ficarem socialmente isoladas dos seus pares se perseguem um interesse em desenvolver as suas competências computacionais. Factores que vão desde a composição sexual dominante nos professores que ensinam a computação, até aos tipos de exemplos utilizados na*

classe. reforçam esta ligação entre masculinidade e computadores, ao ponto de os estudantes, como nós vimos na escola de Whitmore, se rirem da ideia de que podemos construir um programa relacionado com a costura, um domínio tradicionalmente feminino" (p. 228).

### Investigações sobre o transfer de conhecimentos e de competências cognitivas

As investigações sobre a aprendizagem do LOGO e os efeitos da actividade de programação nos conhecimentos e competências cognitivas das crianças em contextos escolares, dão-nos visões conflituosas e divergentes. Devido à grande diversidade de projectos referidos na literatura, e aos efeitos diferenciais registados em dois grandes períodos de tempo (anos 70/primeira década dos anos 80 e segunda década de 80 e primeira de 90), vamos agrupar as investigações realizadas em quatro tipos (representando-as em dois eixos ortogonais – ver Figura 3-5) e apresentar os resultados de acordo com esses períodos.

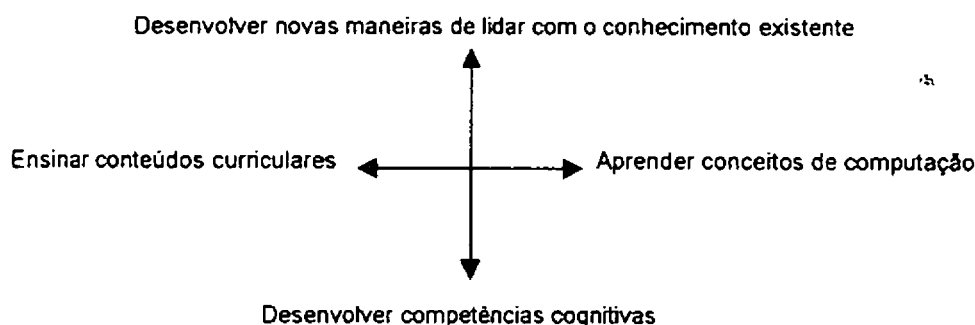


Figura 3-5: Representação esquemática dos diferentes objectivos das actividades de programação na escola: eixo vertical, hipótese da transferência de competências; eixo horizontal, a aprendizagem de conteúdos (adaptado de Mendelson et al.(1990). *Programming Languages in Education: The Search for an Easy Start*. In *Psychology of Programming*. N.Y.: Academic Press, p. 178)

Muitos projectos de investigação usam o LOGO como um meio de desenvolver competências cognitivas e/ou conhecimentos disciplinares que



podem ser reinvestidos noutras situações escolares. É a denominada hipótese de 'transferência de competências'. Os investigadores pensam que as crianças que aprendem a actividade de programação, aprendem mais que a elaborar programas. Esta vertente está representada no eixo vertical da figura 3-5.

No eixo horizontal, estão incluídos os projectos de investigação que utilizam as linguagens de programação ou como um 'fim em si-mesmo', i.e., cuja ideia central é a de que as crianças aprendem sobretudo informação específica e conhecimentos relacionados com a programação, ou cujo fim é aprender conceitos disciplinares relacionadas directamente com a programação (sobretudo matemáticos e geométricos).

Mendelsohn et al. (1990) afirmam que, o que acontece nas salas de aula que utilizam a programação informática, corresponde mais ao eixo horizontal (aprendizagem da programação e de conteúdos curriculares), do que ao eixo vertical (hipótese da transferência), embora esta última seja sempre evocada para justificar a primeira. De facto, como veremos, poucos são os investigadores e professores que se preocupam em fazer um ensino explícito para a transferência das competências cognitivas e dos conhecimentos disciplinares aprendidos no contexto da actividade de programação. Ensinam a programação, muitas vezes rudimentarmente, e esperam que a transferência ocorra de modo espontâneo. Avaliam esta dimensão sem garantirem as condições mínimas para que a transferência ocorra. Este é um dos aspectos que explica os resultados divergentes das investigações realizadas sobre a 'hipótese do transfer'.

A hipótese da transferência recobre, de facto, duas concepções. Por um lado, temos a posição mais clássica que está na origem da criação do LOGO, ou seja, uma linguagem de programação é considerada um meio que gera novas maneiras de lidar com o conhecimento existente (Papert, 1980; O'Shea e Self, 1983; Solomon, 1986; Lawler, 1985). Estes autores enfatizam a importância do auto-ensino e da aprendizagem pela descoberta, em que a criança assimila as estratégias de resolução de problemas em interacção com

o computador e as outras crianças. Pensam ainda que a introdução das linguagens de programação no ensino vão provocar profundas mudanças no modo como os alunos estão habituados a aprender e os professores a ensinar. Neste ponto de vista, o conhecimento vai sofrer profundas alterações e as competências tradicionalmente ensinadas na escola tornar-se obsoletas. Os problemas de avaliação dos efeitos não são positivamente considerados por estes autores, pois se uma criança pode fazer coisas interessantes com os computadores o mesmo acontecerá com as outras crianças se lhes derem os meios e condições para o fazer. Foi esta a 'ideologia' dominante durante a década de 70 e princípios da de 80 nas escolas que utilizaram o LOGO (e mesmo outros programas informáticos) no contexto das actividades curriculares. Foi ainda a esta 'cultura informática' centrada na criança e no poder dos métodos pela descoberta ou construcionistas (Papert, 1980, 1990, 1993, 1996), que conduziu muitos professores a não estruturarem e didactizarem a aprendizagem da programação (e mesmo de outros programas informáticos). Esta concepção, como os resultados de muitas investigações o provaram, não conduziu as crianças a adquirirem conhecimentos organizados no próprio ambiente LOGO, nem a transferir estes conhecimentos para outras situações. Num artigo sério mas provocador, Arnold (1995), analisa o LOGO, não na sua dimensão de linguagem de programação, mas na de 'signo', à volta do qual se desenvolvem determinadas práticas discursivas que as diferenciam de outras gerados no seio da informática escolar. Neste aspecto *"o LOGO reproduz e representa um conjunto de práticas, crenças e compromissos ideológicos, que são talvez vagamente conceptualizados mas são, mesmo assim, considerados pelos próprios como profundos"* (Arnold, 1995, p. 206). O LOGO, nesta dimensão de discurso social sobre a educação, está associado, desde as suas origens, à educação progressista, preconizada por Dewey, Bruner, Doll, Freire, entre outros. (Por exemplo, a influência de Paulo Freire na obra de Papert tem várias expressões. Este tornou-se seu amigo pessoal, apoiou projectos com crianças brasileiras provenientes de meios sociais desfavorecidos — onde o computador funcionou como um novo meio de aceder ao conhecimento — , e aderiu à concepção ampla de alfabetização preconizada por Freire — diferentes

maneiras de tornar inteligível o real e a experiência). Aliás, Papert e colaboradores, nos artigos, livros, seminários e conferências, enfatizam sempre esta dimensão. Os termos mais utilizados são: "centrado na criança", 'alternativo', 'experiencial', 'construcionista', 'não didático', e 'exploratório'. Este discurso tem por objectivo diferenciar-se e opôr-se às teorias e práticas, designadas de 'instrucionistas', 'tradicionais', 'instrumentalistas', 'didáticas' ou 'centradas no professor'.

Uma das investigações mais representativas desta abordagem foi a realizada por Howe e O'Shea (1978). Estes autores procuraram testar uma hipótese associada a uma das ideias poderosas atribuídas por Papert à linguagem LOGO, a saber, a de favorecer uma abordagem simples à aprendizagem da arte da heurística (decomposição de problemas em sub-unidades de mais fácil resolução e coordenação destas unidades em macro-acções). Segundo estes investigadores uma criança que aprende o LOGO aprende também a usar um sistema de metáforas poderosas para descrever a realidade. Estas podem ser associadas ao esquema corporal (usar o LOGO para atribuir significado e descrever movimentos), à denominação (o facto dos procedimentos terem um nome e puderem ser reutilizados noutra parte do programa), e à divisão do problema em sub-problemas (programação estruturada). Conceberam então o seguinte experimento para testar esta hipótese: um grupo de crianças que tinha aprendido a programar em LOGO e outro sem essa experiência foram colocados numa situação similar ao 'jogo da batalha naval' em frente de um ecrã que escondia o companheiro. Os sujeitos tinham na sua frente uma figura composta de formas geométricas, similar a uma figura de Tangram, e os seus companheiros tinham um conjunto de formas geométricas, onde apenas um sub-conjunto era idêntico às usadas na figura construída. As crianças tinham de explicar aos seus companheiros, sem lhes mostrar nenhuma das formas, como construir a figura. Howe e O'Shea partiram da hipótese de que se as crianças aprenderam algo relacionado com as metáforas comunicacionais (modularização, denominação, sequencialidade, etc.), então seriam mais capazes de explicar como construir a figura do que as crianças sem experiência de programação. Estes autores esperavam que as

crianças que tinham aprendido o LOGO fossem capazes de dividir a figura nas suas componentes relevantes, dar nomes a estes sub-conjuntos usando rótulos fáceis de seguir e só proporem aos seus companheiros acções executáveis. Das crianças sem experiência de programação era apenas esperado que enumerassem as diferentes peças do puzzle dando instruções ambíguas. Os resultados mostraram que algumas crianças foram capazes de reconhecer a analogia entre este problema e a situação de programação. Contudo, como referem Mendelsohn et al. (1990) estes resultados devem ser interpretados com cuidado, pois as condições metodológicas do experimento não foram as mais rigorosas, o que poderia ter conduzido a interpretações subjectivas dos dados. Outra experiência similar, conduzido numa situação experimental mais rigorosa, mostrou que as crianças que programaram em LOGO não foram mais capazes de realizar este transfer analógico do que as crianças sem essa experiência (Littlefield et al., 1988).

A outra perspectiva da 'hipótese de transferência' é caracterizada por uma abordagem experimental mais rigorosa e por uma referência explícita à psicologia cognitiva. Os autores que partilham esta abordagem pensam que as crianças que programam um computador desenvolvem competências cognitivas que são identificáveis, avaliáveis e transferíveis para outras situações. As competências cognitivas (e metacognitivas) mais estudadas durante a década de 80 e início da de 90 foram o raciocínio analógico e o temporal (Ross e Howe, 1981), o planeamento da acção (Pea e Kurland, 1984; Littlefield et al., 1988), a detecção e correcção de erros (Klahr e Craver, 1988), competências metacognitivas (Clements et Gullo, 1984; Clements, 1987; De Corte e Verchaffel, 1986; De Corte et al., 1990; 1992), e o desenvolvimento das operações lógicas e espaciais (Mendelsohn, 1986).

Estas investigações experimentais obtiveram resultados conflituais e divergentes. Por exemplo, as investigações levadas a cabo pelo grupo do Bank Street College of Education em Nova Iorque, um dos grupos mais representativos desta abordagem, liderado por Pea e Kurland, mostraram que

os alunos adquirem um mínimo de competências de programação em LOGO (Kurland e Pea, 1983; Pea, 1983), bem como registaram uma ausência de transferência das heurísticas de resolução de problemas e da planificação da acção para outras tarefas que faziam apelo ao mesmo tipo de competências cognitivas solicitadas nessa actividade de programação (Pea e Kurland, 1984).

Pea e Kurland avaliaram o desenvolvimento da aptidão para planear a acção (uma das ideias poderosas da programação) pela capacidade de otimizar a representação de um conjunto sequenciado de acções que é suficientemente grande para não ser possível à criança organizá-lo directamente na memória de trabalho. Conceberam então uma tarefa (situação-problema) que exigisse à criança um trabalho de planificação. Para estes autores, o planeamento só se torna necessário se a situação impuser constrangimentos aos sujeitos como: a) o planeamento é a única maneira de resolver o problema; b) a tarefa deve ser suficientemente complexa para que a memorização dos sub-objectivos seja impossível; e c) a área de conhecimento sobre que recai a tarefa é familiar às crianças de modo a elas poderem identificar as acções elementares a realizar. A situação-problema usada por estes investigadores consistiu num modelo tridimensional de uma sala de aula com objectos e mobília (cadeiras, mesas, plantas, animais, etc.). Esta tarefa experimental foi apresentada a crianças dos oito aos doze anos, divididas em dois grupos: um tinha usado o LOGO durante um ano escolar com cerca de uma hora de programação por semana e outro não tinha programado. A cada criança era pedido que realizasse um conjunto de acções no modelo, a partir da porta de entrada: regar as plantas, limpar o quadro, colocar as cadeiras em frente às mesas, limpar as mesas, mover certos objectos, etc. Estas acções podiam ser realizadas de muitas maneiras, mas o que era pedido às crianças é que encontrassem o caminho que reduzisse o mais possível o número de movimentos possíveis. Cada criança fez três tentativas no início do ano escolar (pré-teste) e outras tantas no final do ano (pós-teste). Para cada criança foi calculada uma medida de realização. Os resultados não confirmaram a hipótese do transfer das competências de planificação, quer em termos dos efeitos relacionados com a idade das crianças, quer em termos de estratégias

usadas, quer ainda em termos de eficiência. Perante estes resultados pouco satisfatórios, Pea e Kurland refizeram a experiência num segundo estudo mas, desta vez, com a tarefa a ser apresentada num ecrã de um computador (para ser mais próxima da experiência das crianças com o LOGO). Esta situação penalizava o grupo de controlo que não tinha experiência com os computadores. Mesmo assim os resultados não melhoraram, i.e., as crianças que tinham programado em LOGO não obtiveram melhores resultados do que as outras crianças. Resultados similares foram posteriormente obtidos por Littlefield et al. (1988). Contudo, esses resultados são diferenciados de acordo com o tipo de instrução a que foram submetidas as crianças (método da auto-descoberta, método estruturado e método mediatizado), e ainda segundo as tarefas experimentais propostas (umas que avaliavam competências cognitivas genéricas: far-transfer, e outras que avaliavam competências cognitivas mais próximas da actividade de programação: near-transfer). O grupo que obteve melhores resultados foi o que utilizou o método mediatizado, embora sem significado estatístico nas provas genéricas e com esse significado nas provas mais próximas da experiência das crianças com o LOGO (near-transfer).

Outras investigações sugerem que há ganhos cognitivos com a aprendizagem do LOGO (Clements, 1985; Schwartz et al., 1984), e que mesmo as crianças pequenas podem aprender conceitos de programação (Kull, 1986), embora esta aprendizagem seja susceptível a variações instrucionais (Küll, 1985; Leron, 1985).

Feurzeig et al. (1981) apresentam a mais extensa lista de ganhos cognitivos resultantes da actividade de programação em LOGO: pensamento rigoroso, auto-consciência do processo de resolução de problemas, reconhecimento de um conjunto diversificado de vias para resolver um mesmo problema... Contudo, os principais efeitos cognitivos relacionam-se com o conceito de 'pensar sobre o pensamento' (Horton e Ryba, 1986) ou com o pensamento metacognitivo (Clements e Gullo, 1984; Clements, 1986).

A originalidade dos trabalhos de Clements (Clements e Gullo, 1984; Clements, 1986), foi a de pôr à prova as virtualidades metacognitivas atribuídas ao LOGO pelos seus criadores. As provas passadas a dois grupos de crianças

de seis e oito anos, umas que aprenderam a programar em LOGO e outras que não aprenderam, mas utilizaram programas tradicionais de CAI, compreendiam, além de testes gerais de desenvolvimento cognitivo (classificação e seriação) e de rendimento escolar, provas destinadas a medir as capacidades metacognitivas. Estas incidiram sobre:

- diferentes componentes metacognitivas da teoria de Sternberg (1985), nomeadamente, decisões sobre a natureza de um problema, as unidades pertinentes para o resolver, a maneira de as compor e a escolha de uma representação mental;

- o pensamento divergente: produção de ideias novas, originais, variadas e elaboradas;

- a tomada de consciência das falhas numa série de instruções que permitem participar num jogo, etc.

Foi precisamente nalgumas destas medidas que as crianças que aprenderam a programar em LOGO obtiveram melhores resultados do que as que não o aprenderam. Por exemplo, tomar decisões sobre a natureza dos problemas e escolher uma representação mental adequada à sua solução, foram os dois aspectos em que as crianças do grupo LOGO foram mais fortes.

Contudo, como refere Blanchet (1991), que preconiza que uma das virtualidades dos computadores e mais particularmente do LOGO, está na sua potencialidade para desenvolver objectivos metacognitivos, estes resultados apresentados por Clements devem ser interpretados com prudência, sobretudo no que concerne à sua generalização. A idade das crianças e o seu nível de desenvolvimento cognitivo bem como o tempo limitado de aprendizagem LOGO (24 ou 44 sessões de 40 a 50 minutos), não permitem a generalização dos conhecimentos aprendidos a todos os domínios.

Este conjunto de resultados contraditórios levou os investigadores a conceber desenhos experimentais mais rigorosos, a elaborar provas mais sensíveis aos aspectos que se pretendiam avaliar e, sobretudo, a abandonar a ideia 'neo-romântica' da aprendizagem pela descoberta livre característica dos

primeiros ambientes LOGO em meio escolar. Os resultados positivos das investigações salientavam mais a importância do ambiente instrutivo (tempo de programação, estruturação da aprendizagem, ...) do que as características únicas do LOGO e da sua 'ideologia'. Ou como refere De Corte: *"A visão de que as competências de programação surgiriam de qualquer modo nas crianças devido às características únicas da linguagem LOGO, foram largamente abandonadas, e um consenso mais amplo emergiu. Os ambientes LOGO, embora continuando ainda a estimular a construção de conhecimentos e competências pelos alunos deveriam, ao mesmo tempo, fornecer uma orientação e mediação sistemática de modo a apoiar a aquisição de competências de resolução de problemas na programação e, possivelmente a sua transferência para outros domínios e situações"* (1993, p.337).

Esta nova visão da programação em LOGO, conduziu os investigadores a prestarem mais atenção aos processos e métodos de aprendizagem. Muitas investigações começaram a concentrar-se no desenho e implementação de ambientes de aprendizagem da programação mais eficazes. Conduziu ainda a que os investigadores dedicassem mais tempo a analisar o que as crianças realmente fazem, antes mesmo de elaborarem hipótese sobre a esperada transferência de competências cognitivas. Outros investigadores começaram mesmo a questionar a pertinência da hipótese do transfer (Pea e Kurland, 1984; Mendelsohn, 1990). Para estes autores, o interesse principal da utilização do LOGO nas salas de aula, reside no facto de ser uma linguagem, i.e., um sistema de representação, que permite descobrir novas propriedades dos objectos manipulados, ao mesmo tempo que conduz à execução automática de processos complexos. Nesta linha de pensamento, aprender a programar é sobretudo aprender um novo sistema de representação e tratamento da informação. Do mesmo modo, aprender aritmética na escola tem benefícios para as crianças, mais pelo progressivo domínio de uma linguagem formal que facilita o processamento simbólico de problemas numéricos complexos do que pelo hipotético desenvolvimento de aptidões de raciocínio. Estes investigadores centraram-se no estudo da aquisição de conhecimentos de computação. Esta abordagem conduz-nos a fazer referência às investigações que designamos, no esquema anteriormente referido (fig. 3-5, eixo horizontal), como hipótese da aprendizagem de conteúdos.



A hipótese da aprendizagem de conteúdos, como a hipótese da transferência, incluiu duas abordagens diferentes. A primeira diz que na actividade de programação, as crianças aprendem sobretudo conceitos de computação: operações de programação, estruturas de dados, variáveis, recursão. A segunda, utiliza a programação como um meio para ensinar conteúdos disciplinares, nomeadamente geométricos e aritméticos.

O ensino da programação em meio escolar, sobretudo nos primeiros anos, não tem como objectivo formar programadores. Do mesmo modo, o ensino da matemática e da escrita não tem como finalidade formar matemáticos ou escritores profissionais. Estes sistemas de representação ensinados na escola visam familiarizar e preparar as crianças com instrumentos básicos de acesso ao conhecimento. Na cultura em que vivemos, os conceitos básicos da computação são ensinados na escola para preparar as crianças para poderem usar estas novas ferramentas. Esta nova realidade, levou alguns psicólogos a verem na aprendizagem desses conceitos, um domínio de investigação fundamental. O desenvolvimento destes conceitos nas crianças, as suas origens e as dificuldades cognitivas presentes na sua aquisição são os grandes temas investigados pelos 'computoristas educacionais' (*educational computerists*, Papert, 1993). Os conceitos e operações mais estudadas são: a iteração (Kessler e Anderson, 1986), a recursão (Mendelsohn, 1985), a sequencialidade, a modularidade (Fay e Mayer, 1994), e a noção de variável computacional. Contudo a recursão é a operação mais investigada, pelo seu estatuto privilegiado na programação. É uma das ideias-chave das linguagens informáticas, fácil de definir mas que levanta muitos problemas na aprendizagem, sobretudo nas suas formas mais complexas. Investigadores, como Kurland e al. (1989) e Mendelsohn (1985) desenvolveram técnicas de ensino para apoiar os alunos a ultrapassarem algumas das dificuldades. Outros, como Fay e Mayer (1994), criaram métodos

de ensino fora do contexto LOGO, e em contextos familiares, por exemplo em inglês, para ensinar aos alunos princípios gerais de computação como a modularidade (dividir um procedimento nas suas componentes) e a reutilização (usar os mesmo sub-procedimentos mais do que uma vez). Comparando os resultados obtidos num grupo de controlo (que aprendeu estes conceitos apenas no contexto da programação) com o grupo experimental (que aprendeu estes conceitos primeiro no Inglês e depois na programação), verificaram que o G.E. aprendeu melhor a programar em LOGO do que o G.C. Os autores concluem que as competências de planificação solicitadas pela actividade de programação podem ser aprendidas independentemente da sintaxe da linguagem de programação.

O ensino da programação nas escolas, começa agora a ser visto, por muitos investigadores, como um laboratório onde testar os efeitos de vários métodos instrutivos na aprendizagem e modelos mentais dos alunos. Por exemplo, a equipa de Lehrer investiga este tópico desde 1988, utilizando o método da aprendizagem mediatizada.

Outros investigadores usam o LOGO como um meio para ensinar conteúdos curriculares. Nesta abordagem a programação é um suporte para a representação de propriedades relacionadas com os conteúdos e suas transformações (Hoyles e Noss, 1987; Lehrer et al., 1988; Harel, 1988; Nöss e Hoyles, 1991;). Para muitos professores esta é a principal razão que os leva a desejar introduzir a actividade de programação na sala de aula. O LOGO, nesta perspectiva, tem sido sobretudo usado para ensinar conceitos aritméticos e geométricos. A programação torna-se uma actividade implícita e de suporte ao ensino explícito de conteúdos curriculares.

São numerosos os exemplos de investigações que utilizaram o LOGO como um meio para aprender conteúdos, sobretudo do domínio da aprendizagem da matemática. Os resultados destas investigações — à semelhança das realizadas sobre os efeitos da aprendizagem da programação nas competências cognitivas — dão-nos visões divergentes. Os resultados positivos são atribuídos não só às características dinâmicas e procedurais do

LOGO mas sobretudo aos métodos de ensino utilizados. Como referem Noss e Hoyles, dois dos investigadores que mais reflectiram e produziram no domínio das ideias matemáticas solicitadas pelo LOGO: *“Se tínhamos o costume de considerar que existe um certo número de actividades matemáticas nas quais as crianças vão espontaneamente mergulhar quando trabalham com o LOGO (Hoyles e Noss, 1987), isto não nos parece necessariamente o caso hoje em dia. Assim, o grau com o qual as crianças podem e vão efectivamente descobrir estruturas e relações matemáticas por si mesmas depende fortemente das intervenções pedagógicas e do tipo de objectivos perseguidos pelo professor (...) Sustentamos que, mesmo num conjunto de actividades cuidadosamente elaboradas, é importante que o professor intervenha e estruture a actividade se queremos conduzir os alunos a tomar consciência dos aspectos matemáticos subjacentes à programação em LOGO” (1991, pp. 162-163).*

**Em síntese:** a imagem mais saliente dos resultados das várias investigações realizadas com o LOGO em contextos educativos é a de que esta linguagem de programação tem potencialidades e características únicas que podem facilitar o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas e a aprendizagem de conteúdos curriculares, a par da aquisição de conceitos básicos de computação, se o ambiente instrutivo tiver determinadas características. A transferência de competências e conhecimentos do domínio da programação para outros contextos e tarefas de aprendizagem depende também, em grande medida, do método de ensino utilizado. Daí que as investigações mais recentes visem mais conceber, implementar e avaliar certos ambientes de aprendizagem informatizados — alguns deles explicitamente orientados para o ensino do transfer — do que apenas determinar hipotéticos efeitos nas competências e conhecimentos dos alunos, só pelos simples facto de estes terem utilizado um dado programa no contexto das actividades escolares.

A nossa investigação inscreve-se nesta linha de procura.

Não abandonamos, como certos investigadores (Pea e Kurland, 1984; Mendelsohn, 1991, entre outros) a hipótese do transfer, pois julgamos, na linha

de pensamento de muitos psicólogos e investigadores cognitivistas (De Corte et al., 1990,1992,1993; Noss e Hoyles, 1991, 1992, entre outros), que só assim o computador e o LOGO se convertem em poderosos meios postos ao serviço da aprendizagem crianças. O que questionamos é a abordagem pelo método da descoberta característica dos primeiros ambientes de programação. Para que os computadores e o LOGO possam ter efeitos significativos no desenvolvimento e actividade cognitiva das crianças e na aquisição de conhecimento disciplinar significativo é necessário integrá-los em ambientes de aprendizagem estimulantes. Mas o que são esses ambientes de aprendizagem? Como os conceber, implementar e avaliar?

Seguidamente vamos analisar as características gerais dos ambientes de aprendizagem que elicitam nos alunos competências de resolução de problemas e os conduzam a adquirir conhecimento disciplinar significativo. Esta análise é importante para se compreenderem as opções tomadas no desenho do ambiente de aprendizagem proposto às crianças da C.E. O objectivo central desta tese consistiu em desenvolver um ambiente de aprendizagem da programação informática, orientado para o ensino do transfer de conhecimentos e competências cognitivas, analisar as condições da sua implementação e avaliar os seus efeitos (nos conhecimentos e competências cognitivas das crianças que participaram na experiência).

351.

## **O Logo e os ambientes de aprendizagem estimulantes**

Os resultados divergentes das investigações com o LOGO no que respeita ao desenvolvimento e transfer de competências cognitivas e à aquisição de conhecimento disciplinar significativo, levou os investigadores a questionar os métodos de ensino utilizados na aprendizagem da programação. A questão levantada foi a seguinte: o que torna estimulantes certos ambientes de aprendizagem? Quais as suas principais características?

Sem pretendermos ser exaustivos vamos seguidamente analisar algumas delas.

A principal característica dos ambientes LOGO que obtiveram resultados positivos é a de terem abandonado a ideia romântica do auto-ensino e da aprendizagem pela descoberta, característica das primeiras investigações. Littlefield (1992), ao analisar o livro 'Construcionismo', editado por Harel e Papert (1991), argumenta contra a concepção de que existem 'poções mágicas' na educação, e afirma que a aprendizagem efectiva requer ensino estruturado e mediado pelo professor. Os estudos que obtiveram resultados positivos, conceberam ambientes de aprendizagem caracterizados por um bom compromisso entre aprendizagem pela descoberta e exploração pessoal por um lado, e orientação sistemática, mediação da aprendizagem e instrução estruturada, por outro. Uma componente crucial comum a todos estes ambientes de ensino/aprendizagem foi a instrução directa e sistemática das competências cognitivas e conhecimentos disciplinares no próprio contexto LOGO. O primeiro passo no desenho destes ambientes instrutivos foi a identificação de um conjunto particular de competências e conhecimentos a serem aprendidos pelos alunos ou, dito de outro modo, de uma explicitação clara daquilo que os investigadores e professores queriam que os alunos aprendessem. Alguns autores, como Craver (1988), Swan (1991) e Fay e Mayer (1994) foram ainda mais longe: não só identificaram as competências

a serem aprendidas, como desenvolveram modelos detalhados para a sua realização usando técnicas e conceitos da psicologia cognitiva.

As estratégias de ensino utilizadas para a instrução sistemática das competências cognitivas, do conhecimento disciplinar e de computação são variadas e diferem de estudo para estudo. Contudo, num nível mais geral e como referem De Corte (1993) e Fay e Mayer (1994), existe um conjunto de características comuns. A maioria delas pode ser descritas em termos de uma combinação das estratégias de instrução na resolução de problemas identificadas por Collins, Brown e Newman (1989) na sua abordagem do ensino como uma forma de 'aprendizagem de prática cognitiva' (*cognitive apprenticeship-like approach to teaching*). Tais estratégias podem ser resumidas do seguinte modo:

- *modelação*: implica que os alunos observem um especialista a realizar uma determinada tarefa; esta deverá conduzi-los a construir um modelo mental apropriado das actividades necessárias para realizar a tarefa;

- *explicar e dar feedback individual (coaching)*: requer que o professor observe o aluno durante a execução de uma tarefa de modo a ter uma base concreta para lhe fornecer pistas e informação visando a melhoria progressiva da sua realização;

- *fornecer suporte (scaffolding)*: consiste em fornecer suporte directo ao aluno enquanto este está a realizar uma tarefa; este método deriva do conceito de 'zona potencial de desenvolvimento' de Vygostky (1978);

- *articulação*: refere-se a qualquer técnica que apoie os alunos a explicitar o seu conhecimento e procedimentos de resolução de problemas;

- *reflexão*: conduz os alunos a comparar as suas estratégias cognitivas e processos de solução de um dado problema com os dos especialistas, os dos outros alunos e com um modelo de realização de um especialista (remete-nos para a modelação, já antes referida);

- *exploração*: visa aumentar a autonomia do aluno no aperfeiçoamento das competências adquiridas e incentivá-lo a descobrir, identificar e definir novos problemas.

Outra característica das investigações que obtiveram resultados favoráveis é o facto de valorizarem positivamente a colaboração e co-operação entre os alunos. De facto, algumas das estratégias de ensino mencionadas, como a reflexão e a articulação, encorajam os alunos a interagir e colaborar. O trabalho em pequenos grupos é um contexto natural para reflectir nas estratégias de resolução de problemas. Alguns investigadores referem a dificuldade que os alunos têm em explicitar e conversar sobre as estratégias usadas na resolução de problemas (De Corte et al., 1992). No entanto, existem algumas técnicas que facilitam este processo. Por exemplo, pôr os alunos a trabalharem aos pares e dar-lhes papéis específicos: um fica a executar o projecto planeado e o outro a observar e registar o seu desenvolvimento e vice-versa. Igualmente é possível, como o fizeram Clements e Merriman (1988), utilizar cartões com figuras que representam as diferentes competências cognitivas que se pretendem ensinar e tornar explícitas. Por exemplo, um cartão com um profissional a planificar, outro com um profissional a detectar e corrigir erros, etc. Quando um par de alunos encontra erros na execução de um dado programa, o professor, para facilitar a tomada de consciência dos alunos sobre a competência de detectar e corrigir erros (bug/debugging), remete para o cartão onde está representado o profissional a executar esta técnica. Veremos, na descrição do ambiente de aprendizagem modelado na Classe Experimental, como utilizámos algumas destas estratégias, as dificuldades encontradas e modo como foram sendo superadas.

É importante desenvolver métodos de ensino que conduzam os alunos a uma aprendizagem mais eficaz no contexto do LOGO. Mas igualmente relevante é ensiná-los a transferir<sup>4</sup> os conhecimentos e competências aprendidas neste contexto para outras situações mais ou menos próximas da situação inicial de aprendizagem. De facto, os estudos que obtiveram resultados positivos de transferência, foram os que o ensinaram de um modo intencional e explícito. Como o fizeram?

O transfer foi ensinado ao mesmo tempo que os conhecimentos de base que se desejava ver transferidos (e não depois). A associação entre contextos ou domínios, que está na base do transfer fez parte integrante dos conhecimentos a transmitir. Isto exigiu que os professores e investigadores mostrassem aos alunos como é que as competências aprendidas no contexto da programação informática eram aplicáveis noutras situações, lhes ensinassem a fazer essa aplicação e criassem oportunidades para que os alunos as utilizassem. Estas estratégias de ensino do transfer foram resumidas por Salomon e Perkins (1987) em dois princípios: *abstracção significativa* (dos conhecimentos e competências que se quer ver transferidos) e *descontextualização progressiva* (destes conhecimentos e competências). As técnicas mais usadas para implementar estes princípios foram: 1) a *variação sistemática* (e aleatória) dos diferentes contextos de aplicação dos procedimentos e conceitos ensinados; 2) o *enquadramento 'framing'* permanente dos conhecimentos, quer dizer, utilizar uma estratégia que consiste em re-situar as operações ou conceitos que se deseja ver transferidos num quadro mais vasto de métodos ou de redes semânticas ou, como refere Littlefield et al. (1988) '*relacionar um conjunto específico de comportamentos a um quadro mais alargado de resolução de problemas*'; e 3) fazer ligações (*bridging*) entre os conhecimentos, quer dizer, '*relacionar os procedimentos utilizados na resolução de um problema num dado contexto aos procedimentos similares utilizados noutros contextos*'.

As investigações que consideraram positivamente o ensino do transfer diferem nas estratégias e técnicas usadas. A maioria delas tiveram apenas em conta o princípio da *abstracção significativa*, i.e., apoiaram os alunos a explicitar as competências aprendidas no contexto do LOGO num nível mais geral e abstracto. Outras investigações, nomeadamente as conduzidas por Clements e Merriman (1988), Littlefield et al. (1988), De Corte e al. (1990) e Fay e Mayer (1994) tentaram implementar os dois princípios: o da *abstracção significativa* (nomeadamente a técnica de *framing*) e o da *descontextualização* (nomeadamente a técnica de *bridging*).



No estudo de Littlefield et al. (1988), uma das primeiras estratégias instrutivas consistiu em relacionar a noção de sub-procedimentos nos programas de LOGO no contexto geral de análise de problemas e a necessidade de os sub-dividir em componentes mais fáceis de realizar. A segunda técnica consistiu em relacionar as estratégias de resolução de problemas, como a da decomposição em sub-problemas de mais fácil resolução utilizada no LOGO, com acções familiares visionadas e analisadas num dos filmes do Indiana Jones "Salteadores da Arca Perdida" (quando ele elabora um plano e o sub-divide em acções sequenciadas e mais fáceis de executar, com o objectivo de procurar o ídolo de ouro escondido na selva).

Clements e Merriman (1988) e Clements (1990) usaram cartões com as várias competências cognitivas ensinadas no contexto LOGO para levar os alunos a fazer a abstracção dessas competências; apresentaram ainda problemas numa diversidade de contextos, que faziam apelo ao mesmo tipo de competências, para facilitarem a descontextualização.

De Corte et al., (1990), para ensinarem a abstracção significativa (*framing*) rotularam explicitamente as competências cognitivas que faziam parte implícita do ensino de uma estratégia de programação. A descontextualização (*bridging*) foi feita ensinando os alunos a aplicar as competências aprendidas no contexto do LOGO a enunciados de problemas matemáticos complexos.

Fay e Mayer (1994), basearam-se na 'teoria de acesso independente-da- sintaxe' (*syntax-independent access theory*), que afirma que as competências cognitivas de alto nível requeridas para conceber programas podem ser aprendidas independentemente da sintaxe da linguagem de programação utilizada, para conceberam uma experiência significativa. Nela um grupo de alunos aprendeu alguns princípios estratégicos de concepção de programas (nomeadamente a modularidade e reutilização de

procedimentos), num domínio familiar (o da língua materna), antes de os aplicar a uma nova situação (a da programação em LOGO). Este método de ensino foi denominado por Dyck e Mayer (1989) instrução sequencial (*sequential instruction*), que é similar aos modelos de 'aprendizagem de prática cognitiva' (*cognitive apprenticeship*), que têm sido aplicados a vários domínios: leitura (Palinscar e Brown, 1984; Brown e Palinscar, 1989), escrita (Scardemalia et al., 1984; Scardemalia e Bereiter, 1985;), matemática (Schoenfeld, 1985) e programação informática (Carver e Klahr, 1987; De Corte et al., 1990; Swan e Black, 1993), e que foram sistematizados por Collins, Brown e Newman, no modelo de Cognitive Apprenticeship (1989), que já referimos. Os resultados obtidos pelo G.E. foram comparados com os de um outro grupo (G.C.), que aprendeu apenas os dois princípios estratégicos gerais de programação no contexto LOGO. Ao G.E. foi ainda fornecida instrução explícita, quando programava em LOGO, o que lhe permitiu relacionar os conhecimentos aprendidos no contexto da língua materna com a situação de programação. A hipótese formulada foi a de que o G.E. seria mais capaz de transferir os conhecimentos aprendidos — por ter sido ensinado a fazer uma abstracção significativa e a descontextualizar as competências cognitivas — do que o G.C.. E isso para um conjunto de tarefas que exigiam a planificação sistemática. Os resultados obtidos confirmaram essa hipótese, permitindo reforçar a ideia de que é necessário ensinar os alunos a transferir em vez de nada fazermos para que isso se produza.

De facto, como refere Mendelsohn (1994), numa revisão da literatura sobre o transfer de conhecimentos: *"os resultados das investigações experimentais sobre o transfer, sugerem-nos que não existem, de um lado, conhecimentos armazenados numa qualquer parte do cérebro dos nossos alunos e, de outro lado, aptidões para transferir mais ou menos independentes do modo como esses conhecimentos foram adquiridos. Na realidade, os nossos conhecimentos não são mais do que o reflexo dos processos através dos quais os codificamos e qualquer nova aprendizagem depende do modo como os conhecimentos anteriores foram adquiridos"*. E mais à frente afirma: *"É necessário, finalmente, resignar-nos ao facto que o principal problema não é o de*

*transferir ... Não poderá a verdadeira questão do transfer ser a da adequação entre, por um lado, a qualidade e o conteúdo dos conhecimentos ensinados e, por outro lado, os constrangimentos dos diferentes domínios onde esses conhecimentos podem ser aplicados?"*

Pensamos que sim. Os princípios e estratégias de ensino do transfer utilizados nas investigações referidas, sugerem que esse é um caminho correcto. No entanto, como refere De Corte (1993), *"parece razoável esperar mais achegas de estudos em que ambos os elementos – abstracção reflexiva e descontextualização – sejam prosseguidos no ensino do transfer"* (p. 341). Este foi, precisamente, o objectivo principal do nosso trabalho empírico, à volta do qual formulamos a hipótese central de investigação.

No entanto, no nosso trabalho prosseguimos ainda outros objectivos, nomeadamente o de utilizar o LOGO como um meio de ensinar noções geométricas que fazem parte do programa do 1º ciclo da escolaridade. Este é um aspecto importante se queremos que o LOGO seja integrado pelos professores nas actividades curriculares. Não se trata de ensinar o LOGO pelo LOGO, como mais um assunto curricular, mas de o usar como um meio e um recurso ao serviço da aprendizagem e do ensino de domínios curriculares existentes.

São variadas as tentativas de usar o LOGO como um meio para ensinar conceitos disciplinares. A maioria restringem-se ao ensino da matemática e em particular, da geometria. É natural que assim seja, devido não só às características estruturais do LOGO Gráfico, mas ainda às ideias do seu criador, Papert. Este considerou que ao manipular a geometria da tartaruga as crianças poderiam aprender noções matemáticas de um modo natural como, por exemplo, a de polígono e de variável.

Os resultados das investigações realizadas sobre o Logo e a aprendizagem da geometria, são, como vimos no capítulo anterior, similares aos obtidos com a hipótese dos efeitos cognitivos. Nos estudos iniciais não se registaram efeitos positivos da aprendizagem do LOGO na aquisição de conceitos geométricos. Este facto foi atribuído sobretudo à despreocupação dos professores e investigadores em elaborarem estratégias instrutivas que

permitissem aos alunos estabelecer relações entre as suas experiências com o LOGO e as noções matemáticas que se lhes pretendia ensinar. Investigações mais recentes, que tiveram como preocupação superar esta fraqueza dos *desenhos experimentais*, obtiveram melhores resultados, embora não tão concludentes como os obtidos sobre o transfer. Clements e Battista (1992) (e também Hoyles e Noss, 1991, 1992), investigadores que mais têm reflectido e produzido sobre o LOGO e o ensino das matemáticas, sintetizam do seguinte modo o 'estado da questão':

*"Em resumo, os estudos que mostram efeitos mais positivos envolvem o planeamento cuidadoso das actividades com o LOGO e a mediação pelo professor do trabalho dos alunos enquanto realizam essas actividades. Parece que o potencial do LOGO para desenvolver ideias geométricas só é realizado na medida em que os professores e os materiais instrutivos guiam de modo apropriado as experiências dos alunos com o LOGO. Isto incluiu o acto de encorajar os alunos a reflectir sobre e forjar relações entre o conhecimento procedural característico do LOGO e o conhecimento conceptual mais tradicional" (p. 452, citado por De Corte, 1993).*

O LOGO, por si só, não conduz os alunos a adquirirem melhores conhecimentos matemáticos, apesar de uma das suas vocações iniciais se orientar nesse sentido (Papert, 1980). Muitos professores e investigadores consideraram ponto assente que as interações com o LOGO, conduziriam espontaneamente à aquisição de conceitos matemáticos. Como referem Noss e Hoyles (1992) existe uma discrepância entre fazer LOGO e fazer matemática. Para que estas relações se estabeleçam é necessário que os professores apoiem os alunos a abstrair e a procurar as estruturas e relações matemáticas nas actividades que realizam com o LOGO. Contudo, concordamos com Lehrer et al. (1988) que o LOGO é um bom meio para aprender certas noções geométricas. A sua estrutura procedural pode apoiar os alunos a reestruturar e melhorar o conhecimento do espaço (figuras geométricas planas, simples e complexas), ao permitir associar propriedades observadas das figuras planas com os procedimentos de transformação que as produzem. No entanto, este potencial do LOGO exige que o professor identifique claramente as noções que deseja ensinar, as explicita aos alunos

e os apoie a estabelecer as relações entre o conhecimento procedural do LOGO e o conhecimento declarativo mais tradicional.

Este foi um dos objectivos prosseguidos na nossa investigação. Mas em que basear a aprendizagem da geometria? A teoria de Van Hiele (1986) pareceu-nos a mais adequada. Tentamos adaptá-la ao nível de desenvolvimento dos alunos com quem trabalhamos e ao programa de matemática do 1º ciclo. A descrição dos exercícios propostos aos alunos da C.E. do nosso trabalho empírico (com base nesta teoria e na análise do programa de matemática do 1º ciclo e de alguns manuais existentes no mercado) será descrita num dos capítulos seguintes, dedicados à metodologia.

**Em síntese:** O LOGO permite desenvolver ambientes de aprendizagem poderosos, desde que os professores e investigadores:

- identifiquem claramente as competências e conhecimentos que desejam que os alunos aprendam e os ensinem no contexto do Logo;
- desenvolvam ambientes instrutivos caracterizados por um bom balanceamento entre a aprendizagem pela descoberta e exploração pessoal por um lado, e orientação sistemática, mediação e instrução, por outro;
- considerem positivamente o ensino do transfer das competências cognitivas, ensinando-as aos mesmo tempo que os conhecimentos de base;
- utilizem o Logo como um meio de ensinar conteúdos disciplinares, de modo a facilitar a sua integração nas actividades curriculares.

Estes aspectos identificados pelas investigações realizadas com o LOGO, podem ser generalizados a outros programas informáticos inseridos no contexto das actividades escolares. Os computadores e os programas informáticos são meios de aprendizagem e não fins em si-mesmos. São meios poderosos, quando comparados com outros utilizados no ensino. Contudo, o seu potencial só se concretiza quando se reúnem determinadas

condições. O que acabamos de descrever foram algumas das características instrutivas dos ambientes de aprendizagem de programação em Logo que os tornam eficazes, i.e., que têm efeitos positivos e significativos nos conhecimentos e competências cognitivas dos alunos. Contudo, isto não é suficiente. Collins (1992) refere que é ainda necessário estudar os aspectos metodológicos do *desenho* destas inovações educativas que sirvam como guia para o desenvolvimento de futuras inovações. Isto significa que não devemos restringir-nos a conceber determinados ambientes de aprendizagem e a determinar os seus efeitos no desenvolvimento cognitivo dos alunos mas ainda preocuparmo-nos com outras variáveis que afectam estas inovações educativas. Entre elas, considerar os professores com quem se vai desenvolver o *plano experimental* como co-investigadores, pois não existem inovações à prova dos contextos e seus utilizadores. O trabalho do investigador é precisamente identificar e controlar o maior número possível de variáveis que afectam uma dada inovação educativa, de modo a que a interpretação dos resultados contenha o menor número possível de 'erros', fruto de inferências apressadas. É uma tarefa complexa e sempre em aberto.

Nos capítulos seguintes vamos analisar a metodologia de investigação desenvolvida no nosso trabalho empírico, que teve como preocupação desenvolver e avaliar um ambiente de aprendizagem da programação estimulante e identificar as variáveis responsáveis pelos resultados alcançados.

---

## Notas

<sup>1</sup> Paradigma, é uma palavra com muitos significados, de acordo com o contexto é que é utilizada.

Mas como elemento comum a todas as definições de paradigma, independentemente do domínio de aplicação, encontramos as noções de modelo ou padrão, de quadro estruturador, de regras e standards, mesmo de exemplos, subjacentes à realização de uma dada actividade/comportamento (programar, falar, fazer investigação,

etc.). Deste modo um dado paradigma determina as possibilidades e limites de operar num dado domínio, ou seja, *impõe regras de funcionamento*.

2. Este percurso das investigações com os microcomputadores é o geralmente seguido noutras inovações educativas. Como afirma DeLandesheere: "É quase sempre desejável que uma experiência no terreno seja precedida de uma experiência no laboratório. Não só porque as observações são mais precisas, mas porque o número de crianças é geralmente pouco elevado, o que permite uma vigilância mais eficaz e uma detecção precoce da eventual nocividade da experiência" (1979, p. 32).

3. A abstracção empírica (ou simples) é o conhecimento das propriedades dos objectos independentemente umas das outras. A abstracção reflexiva envolve a construção de relações entre objectos (Piaget, 1950, 1977; Kamii, 1984).

4. Transfer e ensino do transfer são dois conceitos diferentes.

O transfer pode ser definido como o processo de aplicar conhecimentos gerais e/ou específicos aprendidos numa dada situação a novas situações similares à situação inicial de aprendizagem (*near transfer*) ou a situações mais genéricas e afastadas da situação inicial (*far transfer*). No Dicionário Enciclopédico de Psicologia, E. Gaffan, define o transfer como "o efeito de episódios anteriores de aprendizagem na realização posterior de certas tarefas". Considera ainda, à semelhança de J. P. Chaplin, no Dicionário de Psicologia (1981), o *transfer positivo e negativo*. No primeiro caso a realização de tarefas posteriores é facilitada pela aprendizagem anterior, no segundo caso a aprendizagem inicial dificulta aprendizagens posteriores. Ainda segundo Gaffan, existem quatro tipos fundamentais de transfer: *específico, por generalização, por abstracção-conceptualização e por inferência*.

Por outro lado, e como refere Mendelsohn (1994), o conceito de transfer reveste significados diferentes de acordo com as teorias ou modelos explicativos em que é utilizado. Assim, e ainda segundo o mesmo autor:

- para as teorias associacionistas da psicologia (sobretudo da primeira metade do nosso século) significa essencialmente uma alteração da conduta, resultante da *interferência*, positiva ou negativa, entre dois comportamentos;

- para os desenvolvimentistas piagetianos, representa a *resistência* que oferece o real às capacidades estruturantes do sujeito;

- para os funcionalistas, a transferência de conhecimentos é sobretudo um problema de *semelhança* ou *parecença* entre tarefas;

- para os contextualistas, o problema do transfer, resume-se ao conceito de '*affordance*' que designa uma espécie de participação empática entre o real e o sujeito.

Esta diversidade de sentidos leva-nos a concluir que o conceito de transfer de conhecimentos é pouco transparente e esconde um fenómeno muito complexo.

Os resultados das investigações experimentais (que consideram o transfer um fenômeno observável, e um mecanismo que permite ao sujeito utilizar num novo contexto conhecimentos adquiridos anteriormente) permitem-nos clarificar a noção de ensino do transfer.

Os dois resultados mais estáveis (das inúmeras investigações realizadas) são: o transfer não é um fenômeno espontâneo e quando se verifica é porque foi explicitamente tido em conta pelo ambiente de aprendizagem. Este ter em conta pode recair sobre as variáveis pessoais (referentes aos sujeitos), sobre as variáveis associadas às tarefas ou sobre as variáveis referentes ao contexto de aprendizagem. Dito de outro modo, parece possível formar os sujeitos para saberem melhor transferir (ver Brown, 1989; Campione & Brown, 1990; entre outros), como parece possível facilitar a transferência manipulando as variáveis associadas às tarefas (ver Bassok & Holyack, 1989; Lave, 1977; entre outros) ou às situações (ver Littlefield et al., 1988; Mayer, 1990; entre outros).



**TERCEIRA PARTE**  
**PROBLEMÁTICA E**  
**METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO**

## Problemática e metodologia de investigação

### Resumo

Esta parte do texto é constituída por três capítulos.

No primeiro (capítulo 4) descrevemos os problemas em estudo e a metodologia de investigação. Como se tratou de um *plano experimental* (ou melhor, de um plano quasi-experimental '*nonrandomized quasi-experiment*', Kachigan, 1992) em meio escolar, referimos o contexto onde decorreu a experiência, a população em estudo, as hipóteses formuladas e as provas construídas e aplicadas às crianças para as testar. Sendo provas originais, tivemos a necessidade de as fundamentar teoricamente, i.e., de explicitar os pressupostos da sua construção, para mostrar que avaliam as competências que esperávamos que avaliassem; fazemos igualmente referência aos procedimentos utilizados para examinar o seu grau de dificuldade, poder discriminativo e facilidade de utilização.

O objectivo central desta tese é a modelação de um ambiente de aprendizagem da programação informática em Logo que conduza à aquisição de conhecimentos geométricos e desenvolva competências cognitivas. Por isso, no capítulo 5 descrevemos o ambiente construído com a professora e crianças da Classe Experimental. E no capítulo 6, comparamos este ambiente com os desenvolvidos pelas professoras das duas Classes de Controlo, que também utilizaram o Logo nas actividades curriculares.

## Problemática e metodologia de investigação

Assistimos, nos quinze últimos anos, a uma progressiva introdução dos computadores nas escolas e salas de aula. A abundante literatura científica e pedagógica produzida sobre este assunto, que descrevemos nos capítulos anteriores, permite-nos já emitir juízos sobre as potencialidades desta tecnologia e dos diferentes programas utilizados na melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem e conhecer os seus efeitos nas competências cognitivas dos alunos.

No entanto, é necessário continuar a investigar as potencialidades de cada programa informático colocado ao dispor dos alunos e a influência de diferentes métodos de ensino nos seus modelos mentais e na aquisição de conhecimento disciplinar significativo (Littlefield, 1992). Nem todos os programas têm as mesmas possibilidades e nem todos os métodos de ensino são eficazes. De igual modo, é preciso aprofundar a análise da metodologia do desenho destas inovações educativas, que sirva como guia para o desenvolvimento futuro nesta área. Neste sentido, Collins (1992) refere que, no momento histórico que vivemos, é importante sintetizar os resultados da investigação sobre a inovação tecnológica e desenvolver uma metodologia para levar a cabo *planos experimentais*<sup>1</sup>. Estes vão permitir-nos estudar diferentes maneiras de usar a tecnologia nas escolas e elaborar uma "ciência" sistemática do *projecto educativo*. Esta "ciência" não pode ser, no entanto, e como refere Collins, analítica como a física ou a psicologia cognitiva, mas antes uma ciência mais próxima da aeronáutica, da engenharia ou da inteligência artificial. São processos da modelação ou do artificial (Simon, 1981, 1995) que visam mais a prescrição flexível do que pode e deve ser, a melhoria das condições em que se produzem determinados fenómenos, do que a análise das situações actuais; visam mais provocar acontecimentos controlados e observar o seu desenvolvimento e efeitos do que descrever o que já existe.

Uma tal ciência deve determinar como diferentes *programas instrutivos* podem contribuir para a aprendizagem. Tem por isso de ter subjacente uma

concepção das condições que favorecem a aprendizagem, a cooperação e a motivação em ambientes escolares, quer dizer, tem que se basear numa concepção sobre a aprendizagem feita por meio do ensino explícito de determinados conhecimentos ou aprendizagem pela instrução (Resnick, 1983; Resnick e Glaser, 1986; Mendelsohn, 1994; De Corte, 1995). Deve ainda identificar as diferentes variáveis que afectam uma inovação e especificar os seus valores críticos e de combinações possíveis desses valores.

### **Quadro de referência metodológico – ‘o planeamento de experimentos educativos’**

Antes de descrevermos o nosso *plano experimental*, vamos referir os aspectos críticos referidos por Collins (1992) — que tivemos em consideração no trabalho empírico —, para desenvolver uma metodologia neste domínio, que ultrapasse as limitações das metodologias anteriores, nomeadamente a do *plano instrutivo*, muito utilizada pelos psicólogos da educação (primeiro de orientação *behaviorista* e mais recentemente de orientação *cognitivista*) e considerada demasiado prescritiva. Não existem, com efeito, *planos instrutivos* à prova dos contextos e seus utilizadores, como não existem currículos à prova do professor, e a prescrição excessiva contradiz o princípio construtivista, que é hoje tido como uma condição necessária para que se produza uma aprendizagem efectiva (De Corte, 1995). A mesma posição crítica se poderia ter sobre a metodologia dos desenhos emergentes, muito aceite pelos pedagogos, onde a falta de prescrição teórica e técnica, deixando quase todo o desenho instrutivo ao sabor dos critérios dos utilizadores, conduz a infracções constantes de controlo de variáveis e à não consideração de princípios de aprendizagem empiricamente comprovados.

Entre os aspectos críticos, salientamos:

#### **1. Os professores como co-investigadores**

Qualquer experiência educativa deve ser concebida tendo em conta as opiniões dos professores envolvidos sobre os factores que podem condicionar

o seu sucesso ou fracasso. Deve ainda suscitar questões que eles gostariam de ver respondidas. É absolutamente necessário, como refere Collins (1992), que os professores assumam o papel de co-investigadores, ajudando a formular algumas das questões de investigação e dos *planos* a serem testados, colaborando no refinamento das experimentações em curso, dando contributos para a avaliação de determinados aspectos e relatando mesmo os resultados a outros colegas. Esta colaboração entre investigadores e professores baseia-se na ideia de partilha de saberes e saberes-fazer próprios de cada grupo. Implica uma reciprocidade, quer dizer, os professores podem apoiar os investigadores a traduzir a teoria na prática e os investigadores podem ajudar os professores a conferir uma dimensão mais teórica à sua actividade, deste modo realizando uma prática mais baseada na investigação.

## **2. Comparação de inovações múltiplas**

Tendo em vista a avaliação dos efeitos é importante levar a cabo múltiplas inovações em cada local e em diferentes locais.

No mesmo local é possível manter constantes os professores, os alunos, a cultura escolar, etc. Em diferentes locais é possível fazer variar estes factores sistematicamente.

## **3. Avaliação objectiva**

Para desenvolver uma *teoria do projecto educativo*, temos que romper com o padrão de serem os próprios investigadores a testar as inovações para ver se funcionam. Temos que levantar questões relativas ao modo como diferentes inovações funcionam (bem ou mal) e em que circunstâncias. Para alcançar este objectivo precisamos de 'olhar' as diferentes inovações de um modo objectivo. Enquanto testamos algumas das nossas tecnologias, outras tecnologias devem estar presentes no mesmo local sem a presença do investigador na equipa responsável, de modo a ser possível estabelecer comparações.

#### **4. Ter em conta vários conhecimentos especializados**

Em qualquer *projecto educativo* para uma sala de aula (ou mesmo uma unidade maior), existe um grande número de variáveis que podem afectar os resultados. O objectivo deve ser o de identificar tanto quanto possível todas as que influenciam os resultados num determinado contexto educativo. Para isso, é necessário ter em conta o conhecimento de vários especialistas: professores, técnicos de informática, psicólogos, antropólogos, etc. Algumas vezes, estes saberes especializados podem pertencer a uma mesma pessoa mas, as perspectivas múltiplas são necessárias.

#### **5. Variação sistemática nos mesmos locais**

Para testar hipóteses específicas acerca de questões relativas a determinados *projectos educativos*, é melhor fazer comparações também elas específicas num mesmo local. Neste caso muitas variáveis podem manter-se constantes, enquanto se levantam questões como, por exemplo, a estrutura da classe ou o papel do professor ou as actividades desenvolvidas com determinada tecnologia.

A ideia subjacente a esta concepção é a de que, como refere Glaser (1992), um modo produtivo de compreender melhor os processos e resultados da aprendizagem é construir ambientes que os eliciem e produzam. Os professores devem manter-se interessados sobre as questões de investigação e estar confiantes na sua capacidade de executar satisfatoriamente as variações necessárias, com o apoio do(s) investigador(es).

#### **6. Revisão flexível do *projecto***

Muitas vezes os professores e investigadores sentem que um determinado *projecto* não está a funcionar como previsto, logo no início do ano escolar. É importante determinar as razões que levam a que isso aconteça. Neste sentido acumula-se informação sobre as falhas que são tão importantes como os aspectos conseguidos. É muito importante documentar a natureza das

falhas, das várias tentativas de revisão bem como dos resultados globais da experiência.

## **7. Avaliação múltipla do sucesso ou falha do *projecto***

O resultado de uma inovação não pode ser apenas avaliada em termos da aprendizagem dos alunos. Existem muitos outros critérios, como: até que ponto o *projecto educativo* é sustentável depois dos investigadores deixarem o local? Qual o grau de facilidade (ou de dificuldade) de concretização do plano na prática? Até que ponto o '*plano experimental*' enfatiza o raciocínio e a reflexão como contraponto à aprendizagem de rotina (*root learning*)? Como é que a 'experiência' afecta a motivação dos alunos e dos professores? Em que medida encoraja os alunos a apoiar outros alunos a aprender, quer dizer, encoraja a cooperação entre alunos? Etc.

Para avaliar estas variáveis é necessário utilizar um conjunto diversificado de técnicas, incluindo provas normalizadas e de critério pré e pós-teste e avaliações emergentes do ambiente da sala de aula, recorrendo a processos mais qualitativos, como observações, entrevistas e registos video das salas em funcionamento. A resposta às questões de manutenção da inovação do *desenho experimental*, requer estudos de "*follow-up*" para ver o que aconteceu nos anos que se seguiram ao 'abandono' do local pelo(s) investigador(es).

Foi este o quadro metodológico geral que adoptámos. Passaremos agora a descrever o *plano experimental* concebido.

## **Concepção de um ambiente de aprendizagem da programação Logo no 4º ano da escolaridade**

### **1. Contexto**

Queríamos desenvolver um *plano experimental* numa escola onde já existisse uma certa inovação tecnológica. Utilizando uma metáfora, seria um

*projecto* que emergiria de um outro *projecto*, como as 'bonecas russas'. Por isso, a primeira fase da investigação consistiu na escolha de uma escola que oferecesse garantias para desenvolver o trabalho empírico. Para avaliar as condições, durante o primeiro ano de trabalho, ainda numa fase exploratória, observamos algumas escolas na zona da Grande Lisboa, que tinham computadores e os utilizavam com certa regularidade. O objectivo primordial desta 1ª fase foi identificar o maior número possível de variáveis que nos permitissem ajuizar do grau de sucesso ou falha da inovação e determinar a escola que melhores condições ofereceria para desenvolver o *plano experimental*.

As variáveis que tivemos em consideração foram:

- as tecnologias disponíveis, sobretudo a actualidade dos computadores (*do hardware*);
- os programas disponíveis (o tipo, quantidade e qualidade do *software*);
- o número de computadores existentes, o(s) local(ais) e a sua organização;
- os papéis dos alunos e dos professores quando trabalhavam com os computadores;
- a manutenção dos computadores, a sua actualização (*up-grades*), possibilidade de introduzir novos programas e outro tipo de apoio dado aos professores;
- o tempo que os professores tinham disponível para planear e preparar as actividades a realizar nos computadores;
- a organização do tempo e das actividades nos computadores;
- as interligações das actividades nos computadores com as restantes actividades escolares;
- a formação dos professores para trabalhar com estas novas tecnologias;
- a abertura da direcção da escola face a esta tecnologia e face à investigação e o seu grau de empenhamento nesse processo;



— a motivação dos professores na realização das actividades com os computadores e sua disponibilidade para participar num projecto de investigação;

— a motivação e empenhamento dos alunos nas actividades realizadas com os computadores.

Poderíamos ainda encontrar mais variáveis. O processo da sua identificação está sempre em aberto.

Em cada escola foram identificadas e 'classificadas' estas variáveis. Esse processo baseou-se na observação naturalista das actividades realizadas (com e sem computador), em entrevistas semi-estruturadas conduzidas com a direcção e os professores, na permanência nas escolas nos momentos informais, ou seja, 'no andar por ali a ver, a ouvir e mesmo participar'. Optámos pela escola que obteve uma melhor classificação no conjunto das variáveis definidas. Por exemplo, em relação à primeira e segunda variáveis, só uma das escolas tinha computadores actualizados e uma diversidade de programas, todos eles de estrutura aberta e interactivos. Era ainda nessa escola que os professores tinham apoio técnico para a manutenção e actualização dos computadores e tempo para planificar as actividades a realizar.

A segunda fase do trabalho, ainda durante o primeiro ano, consistiu em analisar como estas variáveis interagiam de modo a poder ajuizar o grau de sucesso ou falha da inovação. Existem vários aspectos a ter em consideração. Vamos referir os que nos parecem determinantes:

— pode acontecer que sem tempo suficiente nos computadores (no mínimo duas horas semanais por criança – 60 horas num ano escolar), a inovação tecnológica seja mais desvantajosa (em termos de tempo do professor e interrupção das actividades correntes, como refere Collins, 1992) do que vantajosa (em termos das aprendizagens dos alunos, como mostraram Pea e Kurland, 1984);

— talvez a melhor utilização dos computadores com 'um grau moderado de saturação' seja baseada em actividades realizadas em áreas de trabalho. De igual modo, a melhor utilização com um 'grau elevado de saturação' é ter os

alunos a trabalhar em projectos por longos períodos de tempo, em que o professor actua como um 'suporte-catalisador' e os alunos podem trocar informações. Determinar o grau de saturação de computadores, i.e., o número de computadores necessários, depende dos objectivos que se pretende atingir e ainda dos condicionalismos da escola. As professoras com quem trabalhamos afirmaram, numa avaliação realista, que se fosse possível ter computadores em cada sala, seriam necessários pelo menos três, organizados numa área de trabalho, para que todos pudessem trabalhar de modo rotativo. Esta opção não invalidaria a necessidade de uma sala de computadores, onde todas as crianças pudessem trabalhar em simultâneo. O que não parece possível é pensar que com 'poucos computadores' e 'pouco tempo nos computadores' se consiga alcançar resultados positivos;

— os programas temáticos, segundo Collins (1992), como programas de geografia, de física ou de matemática, podem ser difíceis de integrar no ambiente da classe, por melhor que estejam concebidos, devido aos custos que implicam, nomeadamente o de pôr a classe inteira a trabalhar em função dos objectivos do programa (do *software*). As ferramentas mais genéricas ou abertas podem ser mais facilmente integráveis na sala de aula, pois inserem-se melhor nos objectivos dos professores e alunos. Já Clements, em 1985, chamava a atenção para este facto: os programas de estrutura aberta, como os processadores de texto, as bases de dados, as folhas de cálculo, os programas de desenho, os micromundos, as simulações e mesmo as linguagens de programação, são mais facilmente integráveis pelos professores nas actividades curriculares do que os programas de ensino assistido por computador (CAI). Constatámos o mesmo numa das escolas que observámos, onde existia uma sala de computadores, com programas temáticos e fechados. Os alunos e professores utilizavam os computadores de uma forma 'independente' das actividades curriculares correntes.

Tendo em conta estes critérios optamos pela escola que acumulou mais aspectos positivos, pois apresentava as seguintes características face à inovação tecnológica:

— computadores e programas actualizados (na época em que se iniciou o trabalho empírico, a saber, no ano lectivo de 1994/95): 13 computadores Macintosh LC II montados em rede, impressora laser a cores; vários programas de estrutura aberta (programa de desenho KidPix; programa de processamento de texto Clariswork; programa multimédia Hypercard; Logowriter versão 2.0.; Lego-Logo; vários programas de jogos exploratórios); e periféricos (ratos, microfones, câmaras de filmar);

— computadores organizados numa sala própria – laboratório – de acesso fácil para todas as classes, do 1º ciclo e do pré-escolar (ver figura 4-1: planta da sala de computadores);

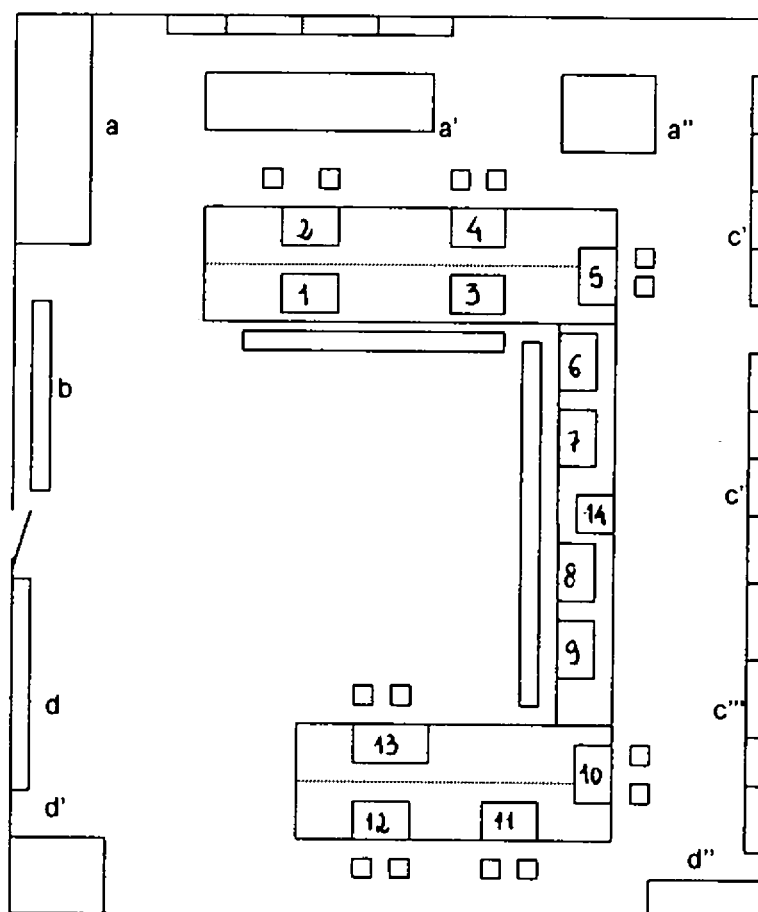


Figura 4-1: Sala dos computadores.

a, a', a'': mesas    b: quadro    c, c', c'', c''': janelas    d, d', d'': armários

1 a 13 – computadores montados em rede (com rato, teclado, monitor e em alguns câmara de filmar miniatura, colocada em cima do computador e com vários programas instalados em cada computador)

14 – Impressora laser (acessível a todos os computadores)

— o número de computadores (13) permitiam um grau de saturação relativamente elevado, quer dizer, cada classe podia trabalhar em simultâneo, em grupos de duas crianças por computador (e raramente de três crianças);

— cada classe dispunha, no mínimo, de duas horas semanais e as actividades eram sempre acompanhadas pela professora e um técnico (licenciado em psicologia com formação em informática);

— as actividades realizadas, depois de uma fase de familiarização das crianças com os computadores e os programas, tinham uma relação com as actividades curriculares (os programas disponíveis eram utilizados para atingir objectivos curriculares);

— os professores dispunham de algum tempo para planear as actividades no computador e relacioná-las com as aprendizagens curriculares (embora o considerassem insuficiente), mas não tinham suporte técnico-científico para fazer esta ligação;

— a manutenção estava assegurada por uma equipa técnica;

— a formação técnica das professoras estava garantida (duas unidades de formação inicial e formação continuada);

— uma direcção aberta à investigação e que valorizava os trabalhos no computador.

Estes eram os aspectos positivos que nos garantiam as condições necessárias para levar a cabo o *plano experimental*. Existiam também alguns aspectos negativos, que foram assinalados pelas professoras durante as entrevistas inicialmente realizadas. Entre eles:

— a dificuldade de articular as actividades realizadas na sala de aulas com as efectuadas nos computadores, devido aos horários destinados a cada grupo nos computadores (este problema foi sendo superado no decurso do ano lectivo);

— falta de manuais em português dos programas disponíveis;

— falta de tempo para aprofundar o conhecimento técnico de cada programa e pensar em propostas de exercícios a realizar;

— excesso de actividades curriculares suplementares, dadas por outros professores (música, educação física, inglês) e de actividades extracurriculares, que 'roubavam' tempo às actividades lectivas fundamentais (língua materna, matemática e meio físico e social); as actividades no computador eram também sentidas, por algumas professoras, como qualquer coisa que consumia muito tempo e interrompia as tarefas lectivas consideradas fundamentais; outras professoras consideravam-nas motivadoras e inseríveis nas actividades lectivas, quer dizer, utilizavam os computadores para atingir objectivos curriculares. Por exemplo, usavam o processador de texto para ensinar a escrever, fazer exercícios de gramática, composições, ditados...; o programa de desenho, para fazer desenhos, ilustrar composições...; o programa Hypercard para realizar projectos relacionados com o meio físico e social ...

Passaremos agora a descrever o *plano experimental* concebido.

## **2. Problemática**

Como vimos nos capítulos anteriores, a linguagem de programação LOGO tem sido introduzida nas escolas com objectivos diversos. Para alguns trata-se de um meio de iniciar as crianças na actividade de programação computacional, considerada a verdadeira alfabetização informática, analisando as dificuldades e a progressão da aprendizagem de conceitos como iteração, modularidade simples e complexa e recursão. Para outros, trata-se de utilizar o LOGO ao serviço de outras finalidades como, por exemplo, a aquisição de noções matemáticas e geométricas ou o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas que tornam a aprendizagem mais eficaz. O que de essencial está em causa nestas duas perspectivas é legitimar o "aprender a programar" ou "a programar para aprender" o que, como refere Mendelsohn (1990), acaba por se relacionar, pois se o aluno não dominar minimamente a actividade de programação, ela não pode estar ao serviço de outras finalidades, como a transferência de competências cognitivas e a aprendizagem de conceitos matemáticos.

Os resultados das inúmeras investigações produzidas durante a década de 80 e início dos anos 90 sobre a utilização do LOGO por crianças em idade escolar (que descrevemos com pormenor no capítulo terceiro), permitem-nos ter uma visão mais realista das possibilidades desta linguagem de programação. Os resultados das primeiras investigações que visaram testar as hipóteses "dos efeitos cognitivos" e "dos efeitos nos conhecimentos", deram-nos uma imagem mais decepcionante do que encorajante face às expectativas geradas pelos seus criadores, Papert e colaboradores (ver, por exemplo, Pea e Kurland, 1984). Investigações posteriores, que tentaram colmatar algumas das insuficiências nos desenhos experimentais e nos métodos instrutivos, obtiveram resultados mais positivos nas competências cognitivas, nos conhecimentos e transferência destas competências e conhecimentos para tarefas e problemas similares (ver, entre outros, De Corte et al., 1991; De Corte, 1993; Littlefield et al., 1988). A falta de resultados positivos parece pois ser mais consequência das insuficiências metodológicas dos *planos experimentais* (nomeadamente de os investigadores não terem avaliado os conhecimentos Logo adquiridos pelas crianças antes mesmo de avaliarem a transferência) e dos métodos instrutivos utilizados (para ensinar a programar e a transferir), do que da própria linguagem de programação. Esta parece não levantar grandes problemas, se a comparamos com a outra linguagem de programação também muito utilizada no ensino, o Prolog (Mendelsohn et al., 1990; Baranauskas, 1993), que tem levantado mais problemas na sua aprendizagem e tem obtido poucos resultados interessantes (Mendelsohn, Green e Brna, 1990).

Na nossa investigação pensámos em utilizar o Logo como um meio das crianças aprenderem algumas noções informáticas e geométricas e desenvolverem competências cognitivas e metacognitivas que, na literatura especializada, se considera estimuláveis com a utilização desta linguagem de programação. Procurámos que a aprendizagem da programação fosse um meio de familiarizar as crianças com alguns conceitos computacionais, aprendendo a utilizar estratégias cognitivas e metacognitivas que activam a 'vida mental' e facilitam a aprendizagem e a resolução de problemas. De facto, hoje sabemos que a capacidade de resolver novos problemas e de abordar

tarefas desafiadoras, requer a aquisição de quatro categorias de aptidões<sup>2</sup> (ver, por exemplo, De Corte, 1995, 1997): 1) aplicação flexível de conhecimentos, bem organizados na memória, de um dado domínio disciplinar; 2) métodos heurísticos, quer dizer, estratégias sistemáticas para analisar e transformar os problemas; 3) conhecimento e competências metacognitivas, i. e., conhecimento sobre o nosso funcionamento cognitivo e actividades de controlo e regulação dos processos cognitivos; e 4) componentes afectivas, que envolvem crenças, atitudes e emoções e traduzem o conjunto das reacções afectivas à aprendizagem. Requer ainda predisposição para usar estas competências (Perkins et al, 1993). Daqui decorre que, uma das facetas importantes da competência é estar disposto a fazer o que se sabe e da melhor maneira possível. Não é suficiente ensinar os alunos a saberem e a saberem-fazer, é ainda importante modelar atitudes que os predisponham a realizar o que aprenderam e o que sabem com a perfeição de que forem capazes. Neste aspecto Bruner (1960, 1966) tem razão quando afirma que a predisposição para aprender depende de vários factores, entre eles, os emotivos e culturais, e que a exposição da criança a modelos adultos que encarnem a competência e a disponibilidade para a usar no quotidiano, é uma das variáveis responsáveis pela formação da 'vontade de aprender'. Por isso, tentámos que as aprendizagens instrumentais e os conhecimentos procedurais característicos do Logo se baseassem na aquisição de conteúdos geométricos e computacionais, quer dizer, apoiassem a aquisição conceptual. Só assim, as professoras com quem iríamos desenvolver o trabalho experimental, se poderiam motivar e considerar esta ferramenta informática como um meio para atingir objectivos pedagógicos. Sem professores motivados e que atribuam sentido às actividades realizadas com os computadores, dificilmente conseguiríamos gerar um clima de entusiasmo (em termos emocionais) e desafiador (em termos cognitivos) nas actividades a realizar pelas crianças. Durante as entrevistas inicialmente realizadas, as professoras exprimiram a preocupação pelo facto da aprendizagem da geometria no 1º ciclo ser difícil para as crianças e o programa disperso e pouco estimulante. Pensavam que o Logo era um bom meio de a tornar mais experimental, viva e reflectida. O Logo, poderia ainda, segundo as professoras, ajudar as crianças a raciocinar e

verificar que nos computadores se podem realizar actividades que "obrigam a pensar" e não só actividades práticas e jogos. O Logo, como referiram algumas delas, "obriga-os a pensar e obriga-nos também a nós a pensar".

Foi deste modo que começámos a elaborar um 'programa' de aprendizagem que contemplasse as três dimensões referidas, a saber: aprendizagem de conceitos de computação, de conceitos geométricos e de competências cognitivas e metacognitivas.

Os conceitos informáticos a serem aprendidos foram, as primitivas básicas da linguagem, os procedimentos, sub-procedimentos e super-procedimentos (iteração, modularidade simples e complexa) e a noção de variável computacional; as noções geométricas as de ângulo, polígono regular e círculo, e as competências cognitivas e metacognitivas foram as seguintes: planejar; heurística de decomposição de problemas em subproblemas de mais fácil resolução; detecção e correcção de erros; e representação externa de problemas.

Esta foi a base que nos forneceu as pistas para elaborar concretamente o *plano experimental*. Nela tivemos sobretudo em conta os resultados das investigações anteriores realizadas com esta linguagem de programação e o primeiro princípio descrito por Collins – considerar os professores com quem iríamos desenvolver o *plano experimental* como parceiros e co-investigadores.

### **3. Plano experimental**

Depois desta primeira fase, e visto o nosso trabalho não estar integrado em nenhuma linha de investigação da Faculdade a que pertencemos, quer dizer, só podermos contar connosco, com a equipa de apoio técnico e as professoras da escola, optámos por um desenho realista, quer dizer, executável com os recursos de que dispúnhamos. Seguimos, portanto, o princípio de variação sistemática no mesmo local referido por Collins (princípio 5).

Formulámos questões e hipóteses de investigação específicas, algumas delas emergentes do anterior trabalho feito com as professoras.



A maioria delas pensava que a iniciação ao Logo só deveria ser feita a partir do 3º ano da escolaridade (8-9 anos), pois antes as crianças não têm maturidade cognitiva para compreender os formalismos de uma linguagem de programação. Por outro lado, o ano anterior ao trabalho experimental foi de formação das professoras com os computadores e ainda de familiarização das crianças com alguns programas. Por isso, as professoras que se mostraram mais disponíveis quando iniciámos a recolha intensiva de dados eram as do 3º ano, que no ano seguinte estariam no 4º. Gostaríamos e teria sido mais produtivo ter iniciado a aprendizagem do Logo no 3º ano e continuar no 4º, com as mesmas crianças, agora para implementar o desenho experimental. De facto, o início da aprendizagem dos formalismos do Logo, nomeadamente do seu alfabeto e gramática (sintaxe e semântica), leva muito tempo e não é fácil de assimilar pelas crianças. É como conhecer uma nova linguagem. Esta aprendizagem inicial dificulta a concentração nos aspectos mais elaborados do Logo, nomeadamente nalgumas das suas ideias poderosas, como a modularidade simples e complexa. Dificulta ainda a aquisição das competências cognitivas que lhe estão associadas como, por exemplo, a decomposição de problemas nas suas unidades básicas, a sua integração em macro-acções (planeamento), e posterior reutilização noutros problemas. Se tivéssemos começado com crianças do 3º ano, estas no 4º ano dominariam já os formalismos básicos deste novo sistema simbólico e poderiam mais facilmente concentrar-se nos aspectos mais compreensivos da linguagem, i.e., nalgumas das suas ideias principais. Isto não foi possível. Por isso, trabalhámos com as crianças das três classes do 4º ano da escolaridade que existiam na escola. Houve ainda outros factores, de natureza menos pragmática, que nos levaram a escolher crianças destas idades (9-10 anos). Entre eles salientamos o facto de ser um período sensível do desenvolvimento cognitivo, de transição<sup>3</sup> das operações concretas para as operações formais (em termos piagetianos). Embora Piaget indique que o início das operações formais se dá, em média, por volta dos 11 anos, autores mais recentes e de inspiração piagetiana, como Blanchet (1980) e Case (1985), pensam que entre os 9 e os 10 anos se dão profundas transformações nas estruturas e processos de pensamento, o que tornaria estas idades mais permeáveis a uma

intervenção educativa que vise estimular e 'treinar' competências cognitivas. Neste sentido, Richard (1982) considera que uma das mudanças mais importantes que se operam na capacidade de raciocínio das crianças entre os 10-12 anos é a aquisição da capacidade de planear. Blanchet (1980) considera que esta se evidencia mesmo antes, por volta dos 9-10 anos, facto que não escapou ao olhar atento de Piaget (1972, 1974, 1978) que considera que nestas idades as crianças começam a ser mais capazes de efectuar cálculos e de deduzir, i.e., "*procuram raciocionar antes de agir*" (Piaget, 1978, p.40). É ainda neste período que o desenvolvimento metacognitivo, i.e., a capacidade de analisar os processos cognitivos e de utilizar estratégias de controlo e regulação dessa actividade, se torna evidente. Alguns autores (por exemplo, Nisbet e Schucksmith, 1986) chamam precisamente a atenção para a necessidade de iniciar o ensino mais formal de estratégias de controlo da actividade cognitiva por volta dos 9-10 anos, considerando o período que vai dos 10 aos 14 anos como o mais permeável à aprendizagem formal de estratégias e métodos de estudo.

### **3.1. Constituição dos grupos (população estudada)**

Para constituir grupos equivalentes no maior número possível de variáveis, seguimos o procedimento habitual nestas situações. Recolhemos, no início do ano lectivo (Outubro 94), elementos sobre o nível sócio-económico das famílias (escolaridade e profissão do pai e da mãe), que foram classificadas de acordo com as categorias sócio-profissionais de João F Almeida<sup>4</sup>, e as idades e sexo das crianças das três classes (ver ficha em anexo IV); e foi ainda passada um teste de nível intelectual: ECNI – Escala Colectiva de Nível Intelectual (ver caderno utilizado, normas de aplicação e correcção em anexo V, pp. 43-87).

Foi com base nestes elementos que se constituíram três Grupos-Classes equivalentes (ver quadros 4-1 de A a D). Apenas três crianças não entraram na análise dos resultados, embora tenham participado na experiência e em todos os momentos de realização e avaliação, não tendo tal facto sido

comunicado às professoras, para evitar o possível efeito de expectativas negativas ou de 'profecias auto-realizadas', também conhecido como efeito pigmalião (Rosenthal e Jacobson, 1968, 1973). Os testes estatísticos efectuados mostraram que os três grupos eram equivalentes nas variáveis consideradas.

#### Idade das crianças

	Média	Std Dev	Mínima	Máxima	N
C.E.*	9,07	,02	9,02	9,10	28
C.C.1*	8,92	,32	8,11	9,10	23
C.C.2*	9,00	,50	8,11	10,04	26
Total					77

Quadro 4-1A: idade das crianças dos três classes que participaram na experiência (média, desvio padrão, idade máxima e idade mínima e total de crianças).

A 'One Way ANOVA' efectuada sobre estes dados mostrou que não existiam diferenças significativas nas idades das crianças dos três grupos (F Prob. = ,3429;  $p > .05$ ).

#### Sexo

	Feminino	Masculino	N
C.E.	11	17	28
C.C.1	13	10	23
C.C.2	12	14	26
Total	36	41	77

Quadro 4-1B: distribuição das crianças por sexo.

Os testes estatísticos efectuados (chi quadrado) para saber se existiam diferenças de distribuição por sexos entre os três grupos e dentro de cada grupo, mostraram que não existiam diferenças entre eles (Chi Quadrado= ,4935; Significação= ,7813, com 2 graus de liberdade).0

---

\* C.E. (Classe Experimental); C.C.1 (Classe de Controlo 1); C.C.2 (Classe de Controlo 2).

#### Nível sócio-económico

	Alto/ Médio-alto	Médio	N
C.E.	18	10	28
C.C.1	15	8	23
C.C.2	17	9	26
Total	50	27	77

Quadro 4-1C: Nível sócio-económico das famílias das crianças dos três grupos (C.E.; C.C1; C.C2).

O nível sócio-económico das famílias das crianças é elevado e não existem diferenças entre os grupos (Chi quadrado: Pearson ,00830 – significação ,99586 – 2 graus de liberdade; Likelihood Ratio ,00829 - significação ,99586 – 2 graus de liberdade; Linear-by-Linear Association ,00717 - significação ,93252 – 1 grau de liberdade).

#### Nível intelectual (ECNI)

	Qlverbal				Qlnãoverbal				Qlescalacompleta				N
	Média	Std Dev	Min	Max	Média	Std Dev	Min	Max	Média	Std Dev	Min	Max	
C.E.	115,39	12,36	96	138	122,07	12,69	88	139	123,36	11,20	97	141	28
C.C.1	119,57	9,75	104	138	126,17	8,98	106	137	125,83	8,92	107	141	23
C.C.2	117,72	10,88	97	142	119,48	10,09	103	134	120,76	10,22	103	134	26
Total													77

Quadro 4-1D: Nível intelectual das crianças dos três grupos, avaliado por meio da ECNI.

A Manova efectuada sobre estes dados mostrou que os grupos não diferiam significativamente entre si no nível intelectual — Qlv, Qlnv e Qlec, i.e., que as crianças estavam igualmente distribuídas em termos de QI ( $p > .05$ ; ver quadros seguintes).

## EFFECT .. GRUPO

Multivariate Tests of Significance (S 0 2, M = 0, N = 34 ½)

Test Name	Value Approx.	F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,09489	1,19545	6,00	144,00 q	,312
Hotellings	,10005	1,16728	6,00	140,00	,327
Wilks	,90717	1,18140	6,00	142,00	,320
Roys	,06110				

Note F statistic for WILK'S Lambda is exact.

Univariate F – tests with (2,73) D. F.

Variable	Hipoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
QIVERB	223,15557	18427,3707	111,57779	252,42974	,44202	,644
QINVERB	543,48009	8563,40149	271,74004	117,30687	2,31649	,106
QITOTAL	307,95708	7640,29292	153,97854	104,66155	1,47120	,236

Igualmente se provou, recorrendo a testes de correlação (*teste de Pearson – Pearson Product Moment Correlations*), que as avaliações pedidas às professoras sobre a realização das crianças nos domínios da língua materna, matemática, computadores e global (ver ficha em anexo IX) se relacionavam significativamente com os valores de QI obtidos pelas crianças das três classes na ECNI: QIverb, QInver, QIescc (ver quadro 4-2).

A equivalência entre os três grupos e a correlação significativa das avaliações das professoras com os resultados obtidos na ECNI, eram uma garantia (condição necessária) para estabelecer comparações futuras e testar as hipóteses formuladas.

Além disso, as professoras tinham uma visão 'realista' das realizações das crianças. Seguiam ainda o mesmo programa, utilizavam manuais escolares comuns, tinham o mesmo horário lectivo, planificavam muitas actividades em conjunto e, em termos genéricos, organizavam os trabalhos de modo similar; as actividades complementares eram iguais para os três grupos de crianças. As variações no *programa instrutivo* e a sua avaliação poderiam agora ser introduzidas e testadas com alguma segurança.

	Qlverb	Qlver	Qlescc	Profcomp	Profmat	Profport	Proftot
Qlverb	1,0000 (77) p= ,	,3656 (77) p=,001	,6177 (77) p= ,000	,2847 (77) p= ,013	,3828 (77) p= ,001	,3860 (77) p= ,001	,4391 (77) p= ,000
Qlver	,3656 (77) p= ,001	1,0000 (77) p= ,	,8536 (77) p= ,000	,2911 (77) p= ,011	,4159 (77) p= ,000	,3258 (77) p= ,004	,4226 (77) p= ,000
Qlescc	,6177 (77) p= ,000	,8536 (77) p= ,000	1,0000 (77) p= ,	,3917 (77) p= ,000	,5798 (77) p= ,000	,4928 (77) p= ,000	,5975 (77) p= ,000
Profcomp	,2847 (77) p= ,013	,2911 (77) p=,011	,3917 (77) p=,000	1,0000 (77) p= ,	,6992 (77) p= ,000	,6007 (77) p= ,000	,6834 (77) p= ,000
Profmat	,3828 (77) p= ,001	,4159 (77) p=,000	,5798 (77) p= ,000	,6992 (77) p= ,000	1,0000 (77) p= ,	,7711 (77) p= ,000	,8161 (77) p= ,000
Profport	,3860 (77) p= ,001	,3258 (77) p=,004	,4928 (77) p= ,000	,6007 (77) p= ,000	,7711 (77) p= ,000	1,0000 (77) p= ,	,8292 (77) p= ,000
Proftot	,4391 (77) p= ,000	,4226 (77) p=,000	,5975 (77) p= ,000	,6834 (77) p= ,000	,8161 (77) p= ,000	,8292 (77) p= ,000	1,0000 (77) p= ,

Quadro 4-2: Correlação dos valores de QI obtidos pelas crianças das três classes com a avaliação efectuada pelas professoras (os três tipos de QI correlacionam-se significativamente uns com os outros e com as avaliações feitas pelas professoras  $p < ,05$ ).

### 3.2. Hipóteses

Como referimos, o objectivo principal da investigação consistiu em desenvolver e avaliar um ambiente de aprendizagem de programação Logo, em estreita colaboração com a professora, que conduziu à aquisição e transferência de algumas competências cognitivas e à aprendizagem de algumas noções geométricas. Focámo-nos num sub-conjunto de competências de resolução de problemas que são consideradas sensíveis à aprendizagem da programação informática (duas heurísticas – decomposição e representação externa de problemas e duas competências metacognitivas – planear e detectar/corrigir erros) e num sub-conjunto de noções geométricas (ângulos, polígonos regulares e círculo).

Tendo em conta os resultados das primeiras investigações sobre a 'hipótese dos efeitos cognitivos', os resultados das recentes investigações da psicologia cognitiva da aprendizagem de tarefas complexas e a importância da variação do ambiente instrutivo para controlar os efeitos sobre a aprendizagem, considerámos essencial cumprir as seguintes condições para alcançar efeitos de transferência. Os alunos:

1. deveriam adquirir um conhecimento suficiente do domínio, no nosso caso, das primitivas, principais conceitos e características da linguagem Logo (adequado, como é óbvio, à capacidade de crianças de 9-10 anos; as análises desenvolvimentistas feitas à actividade de programação em Logo, primeiro por Mc Keough, 1985, e depois por Mendelsonh, 1991, que descrevemos num dos capítulos anteriores – capítulo 3 – foram um guia precioso para estabelecer os limites do conhecimento de programação a propor às crianças);
2. deveriam aprender a dominar minimamente as heurísticas e as competências metacognitivas no próprio ambiente Logo (as estratégias sugeridas por De Corte, 1990 e Littlefield et al, 1988, em muito nos ajudaram);
3. deveriam ser ensinados a descontextualizar as competências cognitivas aprendidas no ambiente Logo (de novo, as estratégias sugeridas por Salomon e Perkins, 1986 – abstracção significativa e descontextualização – aplicadas

por de Corte, 1990, Littlefield et al., 1988 e Clements e Merriman, 1988, ao ensino do Logo – forneceram-nos preciosas ideias para o ensino do transfer);

4. dever-lhes-iam ser dadas tarefas e exercícios em Logo que conduzissem à aquisição de noções geométricas (a análise do programa de matemática do 1º ciclo, dos manuais de matemática destinados aos 3º e 4º anos da escolaridade, o conhecimento das professoras e a teoria dos níveis de conhecimento geométrico de Van Hiele, foram os guias que nos permitiram conceber esses exercícios).

A **hipótese central** deste trabalho foi então formulada do seguinte modo: quando as três condições acima referidas são satisfeitas, ocorrerá a transferência das competências cognitivas.

A satisfação da quarta condição, conduzirá a uma aprendizagem mais sólida das noções geométricas (que acabou por funcionar como uma **sub-hipótese**).

A variação do ambiente instrutivo tem influência nos efeitos de transferência e nos conhecimentos (de computação e geométricos) adquiridos pelos alunos.

Para testar estas hipóteses a experiência foi conduzida de acordo com um plano **pré-teste/pós-teste com uma Classe Experimental (C.E.) e duas Classes de Controlo (C.C.1 e C.C.2)**. Todas as classes<sup>5</sup> utilizaram o Logo no contexto das actividades curriculares mas só na C.E. se tentou implementar o *programa instrutivo* que satisfizesse as quatro condições acima referidas. As duas Classes de Controlo utilizaram o Logo segundo os critérios das duas professoras, apoiadas pela equipa técnica (psicólogos com formação em informática).

Na C.E., e em conjunto com a professora, foi ministrada a aprendizagem do Logo, durante um ano lectivo, em duas sessões semanais, com a duração média de 1 hora cada (total aproximado de 50 horas). As crianças aprenderam as primitivas e procedimentos básicos da linguagem Logo (o seu alfabeto e gramática elementar), a realizar ângulos de várias dimensões, polígonos



regulares e projectos mais ambiciosos. Foram ainda ensinadas às crianças duas estratégias para escrever programas: uma *'top-down'* e outra *'bottom-up'*. Cada uma delas incluiu duas fases. Na estratégia *'bottom-up'* as crianças foram construindo vários procedimentos como, por exemplo, triângulos, quadrados, rectângulos, círculos, etc. que em seguida tentaram integrar num projecto mais ambicioso, que era uma casa e depois um bairro. Foram incentivadas a planear o projecto, representando em papel quadriculado o que desejavam, integrando as várias componentes já construídas e acrescentando outras, nomeadamente procedimentos de deslocação, executando no Logo o esquema delineado, detectando e corrigindo erros. Na segunda estratégia *'top-down'*, as crianças fizeram o percurso inverso: imaginaram projectos que queriam realizar, elaboraram um plano gráfico e com instruções em papel quadriculado. Por outras palavras, geometrizarão o que haviam imaginado e decompuseram o plano assim geometrizado nas suas componentes, concebendo instruções para o plano no seu conjunto e para cada uma das suas partes. Depois passaram à execução do plano no Logo e à sua correcção. Podemos desde já adiantar que as crianças mais imaginativas e seguras no trabalho com o Logo não gostaram desta estratégia. O trabalho de concepção que exige esforço intelectual, estava apenas contido na elaboração no papel, momento que estas crianças apreciaram e em que se envolveram activamente. No Logo tratava-se apenas de um trabalho de execução e correcção, tarefa que consideraram monótona. As crianças inseguras aderiram melhor a esta estratégia, pois ela garantia-lhes um produto final no Logo de qualidade igual ao dos seus pares mais avançados. Por isso, revimos esta estratégia. Foi pedido às crianças que imaginassem um projecto e o desenhassem no papel (concebessem um plano em forma de esboço e lhe dessem uma forma geométrica, mas sem instruções) e depois o realizassem no Logo (o trabalho de concepção pormenorizado era feito em interacção com a linguagem). Esta estratégia era mais motivadora para as crianças. O planeamento prévio pormenorizado não nos parece uma boa solução. De facto, as estratégias de planeamento são mais *'oportunistas'* (Hayes-Routh & Hayes-Roth, 1979), e muitas delas ocorrem durante a acção e não antes de esta se realizar.

Foi durante a aprendizagem destas duas estratégias de programação que as competências cognitivas foram exercitadas (planear, representando externamente os problemas, desagregá-las nas suas componentes elementares e depois detectar e corrigir os erros aquando da sua execução), e os conhecimentos geométricos aprendidos (construir diferentes formas, com lados e ângulos de diferentes dimensões. Foi o caso, por exemplo, da aprendizagem mais formal da noção de ângulos internos e externos introduzida porque a tartaruga só faz ângulos externos. Foi muito interessante observar como crianças de 9-10 anos se empenharam e até entusiasmaram na aprendizagem de uma noção tão abstracta como a de ângulo, considerada como a intercepção de planos). Foi ainda durante esta fase que se utilizou o método da aprendizagem mediatizada, quer dizer, as competências cognitivas utilizadas foram nomeadas, analisadas e discutidas com as crianças (abstracção significativa), sendo-lhes ainda mostrado a sua possível aplicação noutros contextos (embora de uma forma rudimentar, por falta de tempo).

Para concretizar este *programa*, reunia semanalmente com a professora, para planear exercícios e sequências instrutivas, analisar o que estava a ocorrer, modificar aspectos que nos pareciam não estar a funcionar bem, desde os exercícios propostos até à constituição dos grupos – as crianças trabalhavam aos pares (princípio 6 de Collins, revisão flexível do *plano instrutivo*).

Nas duas Classes de Controlo, a aprendizagem do Logo ficou ao critério das respectivas professoras apoiadas pelos psicólogos-informáticos da equipa de apoio técnico. Estive presente, sempre que possível, nas sessões realizadas (em média, duas sessões semanais de uma hora cada), observando o trabalho efectuado por professoras-membros da equipa técnica e crianças; reuni ainda várias vezes com estas professoras para conversar e realizar entrevistas semi-formais, para tentar perceber as suas intenções, dificuldades e opiniões (e também para evitar o '*efeito de Hawthorne*'). O mesmo aconteceu com os membros da equipa técnica.

A descrição e análise do ambiente de aprendizagem da C.E. e das duas C's.C. será feita nos capítulos 5 e 6.

Com este *plano quasi-experimental* (Campbell et Stanley, 1967), com uma C.E. e duas C.'s C. em que todas utilizaram o Logo no contexto das actividades curriculares, o que se testou não foram exclusivamente as virtualidades inerentes ao Logo mas ainda os métodos instrutivos utilizados. Se desejássemos avaliar as potencialidades exclusivas do Logo, deveríamos ter constituído uma C.C. em que as mesmas estratégias de ensino utilizadas na C.E. com Logo, fossem usadas num outro domínio, por exemplo na matemática. Uma classe de controlo deveria manter-se com a aprendizagem do Logo mas seguindo um método menos estruturado. Os resultados comparados destes três grupos, permitir-nos-iam, com mais segurança, determinar se são as características do Logo, a sua associação a métodos instrutivos determinados ou simplesmente estes métodos os responsáveis pelos efeitos esperados.

### **3.3. Avaliação do *plano experimental***

A avaliação do *plano* (segundo o princípio 7 de Collins) foi feita utilizando vários critérios, onde destacamos três por serem predominantes:

- avaliação do processo, recorrendo a observações naturalistas das classes em funcionamento e a entrevistas semi-estruturadas com as professoras e os elementos da equipa de apoio técnico (ver modelos de guiões em anexo III, pp. 15-35).

- análise dos resultados, com uma metodologia pré-teste/pós-teste para determinar os efeitos de transferência das competências cognitivas e metacognitivas e com uma metodologia pós-teste no que se refere à avaliação dos conhecimentos geométricos;

- entrevistas com as professoras e a equipa de apoio técnico, um ano após ter deixado a escola, para saber se as professoras continuavam a utilizar os computadores e os vários programas disponíveis, entre eles o Logo; igualmente nós interessou saber se novos programas foram introduzidos e com

que objectivos; tentámos ainda perceber se o 'entusiasmo' e 'empenhamento' das professoras nas actividades realizadas com o computador permaneciam idênticos ao que existiam quando realizámos o trabalho empírico.

Vamos agora referir as tarefas e provas construídas para avaliar os efeitos de transferência, os conhecimentos Logo e os conhecimentos geométricos. Remetemos para anexos os guiões das entrevistas construídos e usados com as professoras e membros da equipa técnica. Os resultados das observações naturalistas feitas durante o ano lectivo que durou a experiência, serão relatados nos capítulos seguintes, dedicados à descrição e análise dos ambientes de aprendizagem das três classes. Nas classes de controlo seguimos de perto a metodologia de observação naturalista sugerida no livro de Albano Estrela "*Observação de Classes – uma metodologia de formação de professores*", centrando a nossa atenção quer no modo como o professor orientava as actividades da classe e o tipo de interacções que mantinha com os alunos, quer nos trabalhos realizados pelos alunos com o Logo e tipo de interacções que entre si estabeleciam. Na Classe Experimental, adoptámos, quer uma postura mais interventiva, apoiando a professora a orientar as actividades, quer uma atitude mais distanciada, observando o que ela e alunos realizavam.

### **Provas de transferência**

No início do segundo período (Janeiro de 95), antes de se iniciar a aprendizagem formal das competências cognitivas na C.E., e no final do ano lectivo (Junho 95), foi passado aos alunos das três classes um conjunto de tarefas de transferência. Com ele pretendia-se avaliar a sua capacidade de aplicar as competências cognitivas teoricamente elicítadas pela aprendizagem de programação Logo e ensinadas às crianças da C.E.

A construção destas tarefas teve em conta as competências em causa e a análise de tarefas semelhantes utilizadas por outros investigadores.<sup>6</sup>

Antes de passarmos as provas às crianças dos três grupos, ensaiamo-las numa classe do 4º ano de escolaridade de outro estabelecimento de ensino, similar, em alguns aspectos às classes com quem trabalhámos, nomeadamente na idade e sexo das crianças e nível sócio-económico das famílias (na sua maioria da classe média). Esta 'ensaio' teve por objectivo avaliar o grau de dificuldade de cada prova, ver se eram discriminativas, determinar tempos de realização, etc. Mais adiante, após descrevermos cada prova, apresentaremos os resultados obtidos com este 'procedimento' e os aspectos que modificámos. Faremos igualmente uma breve referência aos testes psicométricos efectuados (*reliability analysis* – *scale alpha*) com as quatro provas de transferência de passagem colectiva<sup>7</sup>.

A prova '**BAIRRO**', foi pensada e elaborada para avaliar a competência de **planeamento** (ver figura 4-2). Foi passada individualmente a uma sub-amostra (N=48) da população estudada (n=77) e, embora original, baseou-se numa certa concepção de planeamento<sup>8</sup> (*"Todo e qualquer procedimento hierárquico do organismo que permite precisar o modo de execução de um conjunto de operações"*, Miller, Galanter et Pribram, 1960), no seu papel central nas actividades cognitivas superiores (ver Newell et Simon, 1972) e nos trabalhos de Pea & Kurland (1984), de Littlefield et al. (1988) e De Corte et al. (1990); igualmente importante foram as análises e sugestões feitas por Mendelsohn (um dos orientadores da tese) a essa prova.

Partimos do pressuposto (à semelhança de Pea e Kurland, 1984) que o planeamento só seria elicitado se a prova impusesse alguns constrangimentos aos sujeitos executantes: (1) o planeamento seria a única maneira de resolver o problema; (2) a tarefa deveria ser suficientemente complexa para que a memorização dos sub-objectivos fosse impossível; (3) o domínio de conhecimento sobre que recairia a prova deveria ser familiar às crianças, de modo a que estas pudessem identificar as acções elementares a realizar; (4) a prova deveria fazer apelo ao mesmo tipo de actividades que as crianças utilizavam na programação em Logo.

Foi pedido a cada criança que realizasse um conjunto de acções, num mapa de um bairro de Lisboa, percorrendo o caminho mais curto e carregando o mínimo de peso e de coisas possível (ver anexo VI1: prova de planeamento-BAIRRO, critérios de passagem e de cotação, definição de planeamento e análise de outras provas , pp. 95-107).

## MAPA DE UM BAIRRO DE LISBOA

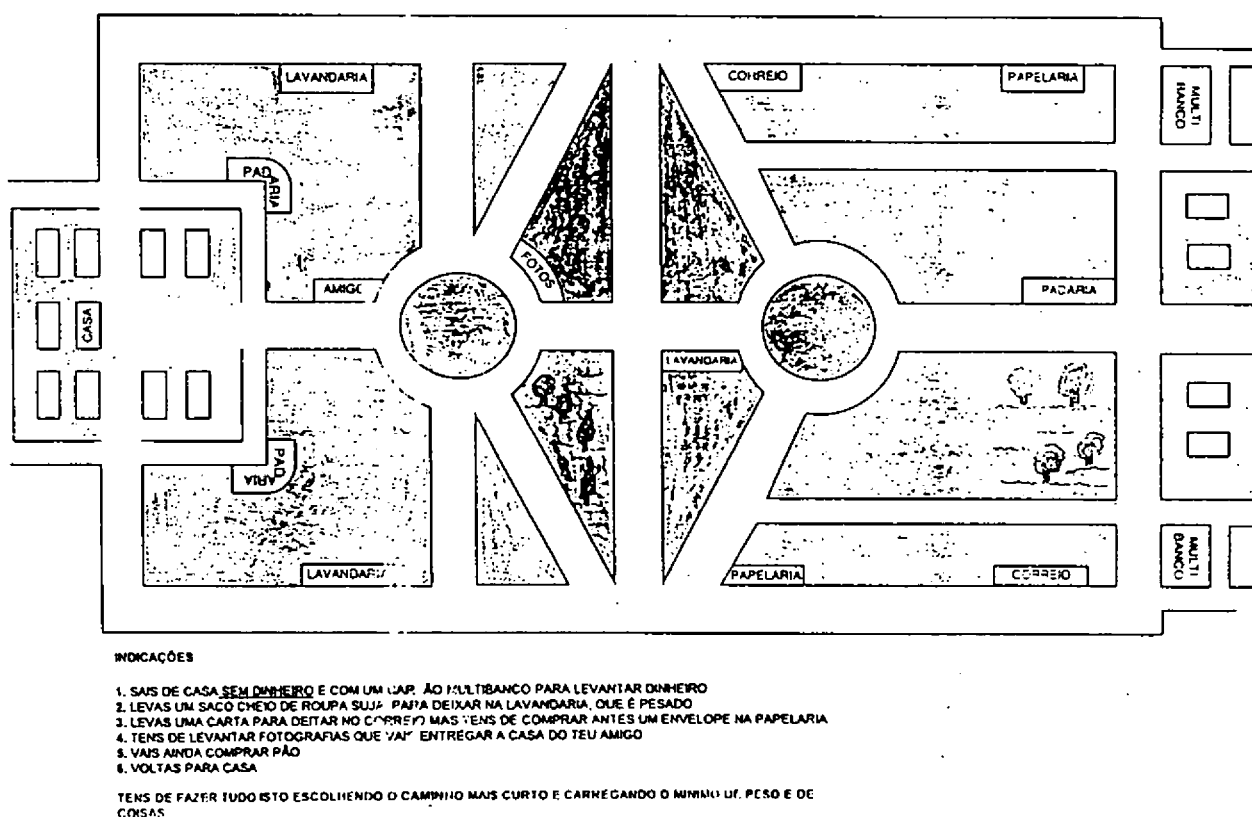



Figura 4-2: Prova 'BAIRRO' de planeamento (redução de 40%).


A prova das '**FIGURAS COMPLEXAS**', composta por 15 itens, foi passada colectivamente e consiste na descrição de figuras complexas em termos das suas partes componentes (ver figura 4-3: exemplo de 1 item). Resolver eficientemente esta prova requer a aplicação de **heurísticas de decomposição de problemas**<sup>9</sup>. As figuras complexas são compostas por figuras simples, familiares às crianças e programáveis em Logo (polígonos regulares e círculos). A elaboração desta prova, embora original, baseou-se nos trabalhos de De Corte e colaboradores, 1990. (ver anexo VI2: descrição da prova, critérios de passagem e de cotação, pp. 111-127).

Descreve as figuras 1, 2 e 3, no rectângulo da solução, indicando as partes que as compõem. Para isso, usa as figuras simples (R, C, Q, L) e as outras figuras complexas (1, 2, 3). A ordem em que aparecem as figuras deve ser respeitada.


18.




**R**  
(Rectângulo)




**C**  
(Círculo)




**Q**  
(Quadrado)



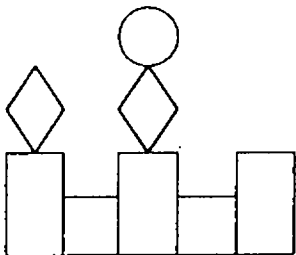
**L**  
(Lusango)



1



2



3

nº da figura	solução
1	
2	
3	

Figura 4-3: Item da prova '**FIGURAS COMPLEXAS**', heurística de decomposição de problemas (redução de 40%).

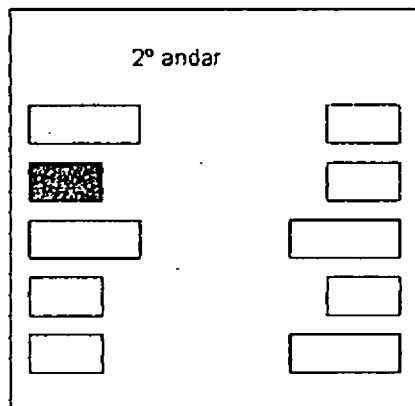
A prova '**HISTÓRIAS**', inspirada nos trabalhos de Craver (1986), foi construída com o objectivo de medir a **capacidade de detectar e corrigir um**

**conjunto de instruções** (ver figura 4-4: exemplo de 1 item). Também neste caso se faz apelo a domínios familiares às crianças e a conhecimentos adquiridos no Logo. É constituída por três histórias e, em cada uma delas, uma pessoa X dá instruções a uma pessoa Y. A pessoa Y segue as instruções correctamente mas o resultado não é o esperado porque uma das instruções está errada. O que é pedido às crianças é que detectem o erro e o corrijam, de modo a obter o resultado pretendido (ver anexo VI2: descrição da prova, critérios de passagem e de cotação , pp. 111-127).

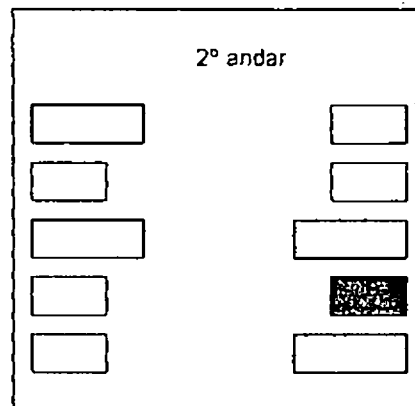
### HISTÓRIA 3 – NO PARQUE DE ESTACIONAMENTO

João estacionou o carro no parque do Rossio. Como tinha muito que fazer no escritório onde trabalha, pediu ao seu amigo Manuel para lhe ir buscar o carro. Deu-lhe uma lista de instruções que permitiam localizar o carro no parque. O Manuel seguiu correctamente as instruções mas havia um erro na lista, por isso o Manuel teve muita dificuldade em encontrar o carro. A **figura A** mostra o lugar exacto onde estava estacionado o carro do João. A **figura B** mostra as instruções dadas pelo João ao amigo Manuel. Tenta encontrar o erro na lista de instruções dada pelo João ao Manuel.. Sublinha o erro na lista de instruções e corrige-o, escrevendo ao lado a palavra certa.

**Figure A** – Como o carro do João estava realmente estacionado (é o preto)



**Figura B** – Como o João disse ao amigo onde o carro estava estacionado



#### Instruções dadas pelo João ao Manuel:

Sobes ao 2º andar

Tens uma fila de carros à direita

E outra fila de carros à esquerda

O meu carro é preto

Está entre dois carros grandes cinzentos

Na fila da direita

**Figura 4-4:** Item da prova 'HISTÓRIAS', detecção e correcção de erros (redução de 40%)



A prova '**DIAS DA SEMANA**', é composta por 10 itens e foi inspirada nos trabalhos de Bransford e Stein (1984) (ver quadro 4-3: exemplo de 1 item). A melhor maneira de resolver os itens da prova é usar uma estratégia de **representação externa**<sup>10</sup>, competência cognitiva que esta prova pretendia avaliar (ver anexo VI2: descrição da prova e critérios de passagem e cotação, pp. 111-127).

---

6. Se hoje é sexta-feira  
que dia da semana foi o dia antes de ontem?

R: \_\_\_\_\_

---

Quadro 4-3: Item da prova '**DIAS DA SEMANA**', representação externa de problemas

A prova '**CAIXAS**', formada por 5 itens, foi também construída com o objectivo de avaliar a heurística de **representação externa** de problemas a serem resolvidos (ver quadro 4-4: exemplo de 1 item). Foi inspirada nos trabalhos de Craver (1988) e nos trabalhos de De Corte et al., 1990. (ver anexo VI2: descrição da prova e critérios de passagem e correcção, pp. 111-127).

---

4. Tens uma caixa grande. Dentro da caixa grande está uma caixa média. Dentro da caixa média estão cinco caixas pequenas. Dentro de uma das cinco caixas pequenas estão três caixas muito pequenas e dentro de outra caixa pequena estão duas caixas muito pequenas. Quantas caixas tens ao todo.

R: \_\_\_\_\_

---

Quadro 4-4: Item da prova '**CAIXAS**', representação externa de problemas.

## A prova de conhecimentos geométricos

Esta prova destinou-se a aferir o conhecimento adquirido pelos alunos em geometria (ver quadro 4-5: exemplo de 4 itens). Foi apenas passada no final (pós-teste) pois visava avaliar, não as competências cognitivas mas sim os conhecimentos que as crianças iriam aprender no decurso da própria experiência. Foi construída com base em várias fontes e tendo em conta o nível etário das crianças. As fontes foram: (1) o programa de matemática do 1º ciclo da escolaridade; (2) vários manuais de matemática do 3º e 4º anos da escolaridade; (3) a teoria de Van Hiele sobre o desenvolvimento e aprendizagem da geometria (teoria dos níveis); (4) o nosso conhecimento do trabalho desenvolvido pelas crianças com o Logo e na sala de aula, no que respeita à aprendizagem da geometria; (5) e o conhecimento das professoras.

É constituída por 46 questões fechadas e 9 questões abertas (ver anexo VII: descrição da prova, critérios de passagem e correcção e análise das fontes de conteúdo, pp. 131-171).

---

14.

14.1. Quando os ponteiros de um relógio dão uma volta completa desenham uma figura geométrica chamada \_\_\_\_\_ que mede \_\_\_\_\_ graus.

14.2. Como fazes uma circunferência em LOGO? Escreve o procedimento (as instruções que dás à tartaruga) \_\_\_\_\_

14.3. E como fazes uma semi-circunferência em LOGO? Escreve o procedimento (as instruções que dás à tartaruga) \_\_\_\_\_

14.4. Qual é a parte do procedimento que te diz que a tartaruga vai fazer uma semi-circunferência e não uma circunferência? \_\_\_\_\_

---

Quadro 4-5: Itens da prova de 'GEOMETRIA'.

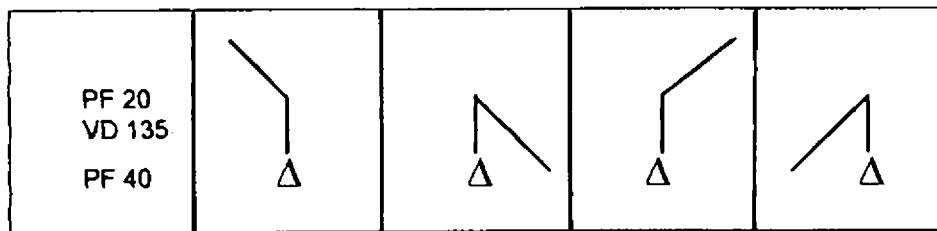
## As provas de conhecimentos Logo

Foram elaboradas duas provas de avaliação dos conhecimentos Logo adquiridos pelas crianças das três classes. Uma versão mais simples, passada no final do primeiro período, após três meses de aprendizagem, e antes de se iniciar o treino das competências cognitivas na C.E. (versão 1). E outra versão mais complexa (versão 2) para ser passada no final do ano, antes de se realizar o pós-teste. Esta última não pôde ser passada a todas as classes, por falta de tempo e disponibilidade das professoras. Por isso não a consideramos na análise dos resultados. Para colmatar esta lacuna, analisamos os trabalhos realizadas pelas crianças das três classes, ao longo do ano lectivo. Foram estes, conjugados com os resultados da primeira versão, que nos permitiram determinar o nível de conhecimentos Logo adquiridos pelas crianças das três classes.

Estas provas basearam-se em três fontes: (1) análise de outras provas realizadas por outros investigadores, nomeadamente as de De Corte et al. (1988) e de Littlefield et al. (1988); (2) análise dos erros mais comuns feitos pelas crianças na aprendizagem do Logo; (3) e na análise do próprio Logo (ver anexo VIII: provas, critérios de passagem e de correcção, pp. 177-207). Cada prova era constituída por três tipos de questões. Uma visavam avaliar os conhecimentos das primitivas ou comandos básicos da linguagem; outras a capacidade de previsão (efeito), de um conjunto de instruções e vice-versa; e as restantes outras a capacidade da criança produzir instruções, dando uma figura geométrica (ver figura 4-5: exemplos de cada tipo de questões).

10. Se a tartaruga se encontra nesta posição  $\triangle$ , quantos graus e para que lado tens a fazer virar para que ela fique nesta posição  $\triangleright$ ? \_\_\_\_\_

20. Faz uma cruz no desenho que a tartaruga faria se tu lhe desses as seguintes instruções:



39. Chama JANELA à figura abaixo desenhada. Depois escreve as instruções a dar à tartaruga para ela fazer JANELA. Cada quadricula são 10 passos da tartaruga. A tartaruga parte do centro do ecrã. Não te esqueças que tens de ensinar tudo o que a tartaruga precisa de saber para fazer JANELA.

Escreve aqui as instruções  
 PARA \_\_\_\_\_

Desenho no ecrã

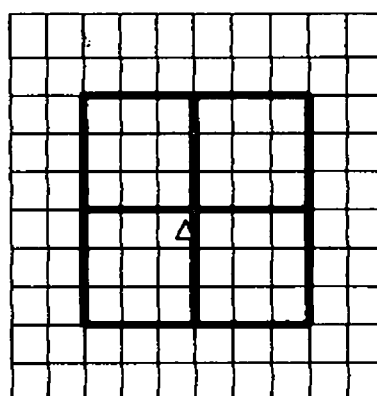


Figura 4-5: Exemplo de itens da prova LOGO.

As provas de conhecimentos geométricos e de conhecimentos Logo, não foram 'ensaiadas' em nenhuma outra classe, antes de serem passadas às crianças das três classes em estudo (como aconteceu com as provas de transferência), pois não conseguimos encontrar um grupo equivalente que tivesse utilizado o Logo. Estas provas fazem apelo a conhecimentos que se adquirem no contexto da aprendizagem do Logo. Nas provas Logo isso é evidente. Na de geometria não o é tanto, mas existem questões que fazem apelo a conhecimentos Logo, i.e., que visam avaliar a relação entre o

conhecimento procedural do Logo e o conhecimento declarativo mais tradicional.

A análise dos resultados obtidos no conjunto das provas aplicadas foi feita utilizando o programa estatístico SPSS. A principal técnica de análise foi a análise da variância – MANOVA. Na quarta parte – análise dos resultados – apresentamos os pressupostos e procedimentos estatísticos usados. Aqui vamos fazer uma breve descrição da “*Multivariate Analysis of Variance – MANOVA*” e apresentar os motivos da sua escolha.

A MANOVA (Análise Multivariada da Varância) tornou-se o modelo estatístico preferido dos investigadores das ciências humanas a partir de meados dos anos 80, sobretudo devido ao advento dos computadores que processam rapidamente a informação. Até aí prevaleciam os modelos ANOVA (Análise da Variância). Contudo, os modelos MANOVA são modelos ANOVA apropriados para analisar dados que têm mais do que uma variável dependente. E como referem Haase e Ellis (1987) os estudos com múltiplas variáveis dependentes são a norma na investigação psicológica.

A análise da variância é um conjunto de técnicas para identificar e medir as diversas fontes de variação num conjunto de dados. *“Tomada à letra a ‘análise de variância’ poderia ser sinónimo do domínio da análise estatística considerada em si-mesma, pois todas as análises estatísticas dizem respeito à análise da variação inerente aos dados. Mas, para além deste sentido mais geral, a análise de variância refere-se a um conjunto de procedimentos bem definidos para desagregar a variação total de um conjunto de dados nas suas componentes (Kachigan, 1992).*

Os desenhos MANOVA e ANOVA são modelos lineares nos quais uma variável dependente (ANOVA) ou diversas variáveis dependentes (MANOVA) são expressas em função de uma fonte (*one way designs*) ou várias fontes (factorial, medidas repetidas – que é o nosso caso -, blocos factoriais ao acaso) de influência independente.

Na maioria dos problemas de análise de variância estamos interessados nas diferenças das médias (*mean values*) de uma variável (ANOVA) ou de várias variáveis (MANOVA) de critério que estão associadas a diferentes valores da variável experimental ou variável preditiva.

A análise de variância utiliza a distribuição F para determinar se as médias diferem mais do que seria de esperar devido ao acaso. É uma distribuição de probabilidades bem definida que nos permite determinar a probabilidade que um dado F esteja acima de um determinado valor; ou inversamente, e de modo mais útil, determinar o valor de F que excederia 5% ou 1% por mero acaso.

A análise de variância permite testar a hipótese nula ( $H_0$ ) fornecendo margens de segurança que vão dos 95% aos 99% (probabilidade de erro:  $p = 0.5$  ou  $p = 0.1$  respectivamente), para erros do tipo I ( $\alpha$ ) e de tipo II ( $\beta$ ).

Os erros de tipo I ( $\alpha$ ), dizem respeito à probabilidade de rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) quando de facto ela é verdadeira. (A hipótese nula considera que não existem diferenças nos resultados; por exemplo, que não existem diferenças nos resultados entre grupos submetidos a tratamentos diferentes). A análise de variância permite controlar este tipo de erro em 95% ou 99% dos casos, pois a probabilidade de erro é de 0.5 ( $1 - \alpha \rightarrow 1 - .95$ ) ou de 0.1 ( $1 - \alpha \rightarrow 1 - .99$ ).

Os erros de tipo II ( $\beta$ ), dizem respeito à probabilidade de falhar a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ) quando ela é falsa em relação a algum grau especificado ou, por outras palavras, *"a probabilidade de falhar a rejeição de uma ou mais hipóteses nulas numa série de testes estatísticos"* (Haase e Ellis, 1987, p. 405).

É hoje reconhecido que a proporção de erros de Tipo I pode aumentar drasticamente nas investigações que utilizam diversas variáveis dependentes (*multiple-dependent-variable research*). O mesmo se passa com as proporções de erros do Tipo II, porque elas obedecem às mesmas leis de probabilidade (Rodger, 1974). Por isso, os modelos MANOVA têm vantagens face aos modelos ANOVA quando se trabalha com mais do que uma variável dependente. Estes modelos permitem controlar a escalada dos erros de Tipo I e de Tipo II, aumentando o poder de análise do experimentador (Haase e Ellis, 1987).

Na nossa investigação trabalhamos com múltiplas variáveis dependentes e estamos interessados em saber se existiam diferenças significativas nos resultados obtidos pelas crianças das três classes (uma Classe Experimental e duas Classes de Controlo) nas provas aplicadas no pré-

teste e no pós-teste. Por isso, a MANOVA para medidas repetidas (*MANOVA for repeated measures*) num determinado intervalo de tempo (o tempo que durou a experiência) nos pareceu (a mim e ao Professor Andrew Hill, que me apoiou e realizou o tratamento estatístico dos dados) o modelo estatístico adequado para a análise dos dados.

### **Resultados do 'ensaio' das provas de transferência**

As quatro provas de transferência de passagem colectiva – 'Histórias', 'Figuras Complexas', 'Caixas' e 'Dias da Semana' – foram testadas numa classe do 4º ano da escolaridade, de uma escola pública da zona da Grande Lisboa. A prova de planeamento 'Bairro', de passagem individual, foi testada junto de doze crianças desta classe (6 rapazes e 6 raparigas, sendo 4 classificados de médios, 4 de bons e 4 de fracos pela professora). A classe era composta por 22 crianças, 14 rapazes e 8 raparigas, estando uma criança surda-muda em regime de integração (que realizou a prova mas não foi considerada na análise dos resultados), com uma média de idade de 9,07 (sendo a máxima de 10,03 e a mínima de 9,00).

As provas de passagem colectiva foram realizadas numa manhã, na sala de aula. A prova de passagem individual foi feita dois dias depois, numa sala cedida pela professora. A selecção das doze crianças, teve em conta a avaliação da professora e os resultados obtidos no conjunto das 4 provas colectivas.

Cada prova foi apresentada separadamente (um caderno para cada prova), explicada às crianças e realizado no quadro o exemplo inicial. Só depois de garantir que todas tinham percebido o que lhes era pedido, é que se dava início à sua realização. Foi-lhes ainda sugerido que, sempre que tivessem alguma dúvida, me chamassem, e que logo que terminassem a prova levantassem o braço. Durante os trabalhos, registámos as dúvidas que surgiram e o tempo de realização de cada um dos participantes.

Foi deste modo que modificámos a redacção de alguns itens e que determinámos o tempo médio de realização. Foi ainda durante a aplicação das

provas que verificámos que não era nada prático estarem em cadernos separados (por isso, decidimos incluí-las num só).

Os resultados obtidos pareceram-nos suficientemente discriminativos. (Em cada prova, cada resposta certa vale 1 ponto e cada resposta errada ou pergunta não respondida vale 0 pontos). Por exemplo, a pontuação total da prova 'Figuras Complexas' é de 15 pontos, tendo a criança que obteve melhores resultados 11 e a que obteve piores 2 (amplitude de 9); a média foi de 6,34 e o desvio padrão de 2,00 (ver quadros 4-6 e 4-7).

PROVAS	CAIXAS (5)		D.SEMANA(10)		FIG.COMPL.(15)		HISTÓRIAS(6)		AV.PROF.
SUJEITOS	CERT.	ERR.	CERT.	ERR.	CERT.	ERR.	CERT.	ERR.	
A	3	2	3	7	6	9	1	5	MÉDIO
B	3	2	5	5	6	9	3	3	BOM
C	5	0	7	3	9	6	3	3	BOM
D	4	1	3	7	6	9	1	5	MÉDIO
E	1	4	3	7	6	9	1	5	M.FRACO
F	2	3	5	5	6	9	6	0	MÉDIO
G	2	3	2	8	3	12	2	4	M.FRACO
H	3	2	5	5	6	9	3	3	MÉDIO
I	0	5	4	6	7	8	2	4	MÉDIO
J	5	0	4	6	2	13	1	5	BOM
K	5	0	10	0	11	4	6	0	BOM
L	2	3	3	7	6	9	1	5	FRACO
M	5	0	3	7	6	9	3	3	BOM
N	3	2	9	1	6	9	5	1	BOM
O	5	0	7	3	8	7	2	4	MÉDIO
P	5	0	5	5	5	10	6	0	FRACO
Q	3	2	3	7	6	9	1	5	MÉDIO
R	5	0	2	8	10	5	6	0	MÉDIO
S	4	1	3	7	6	9	0	6	BOM
T	4	1	3	7	7	8	4	2	BOM
U	3	2	5	5	6	9	3	3	MÉDIO
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Quadro 4-6:** Resultados obtidos pelas 21 crianças da classe de 'ensaio' nas 4 provas de transferência de passagem colectiva; respostas certas e erradas por prova e avaliação da professora do rendimento escolar das crianças numa escala de 5 pontos, que ia do Muito Fraco (MF) ao Muito Bom (MB), passando pelo Fraco (F), Médio (M) e Bom (B).



PROVAS	Max.	Min.	Amplit.	Média	Desv. Pad.
CAIXAS (total 5 pontos) [representação externa]	5	0	5 – 0	3,4286	1,4687
D. SEMANA (total 10 pontos) [representação externa]	10	2	10 – 2	4,4286	2,1811
FIG.COMPL.(total 15 pontos) [decomposição de problemas]	11	2	11 – 2	6,3333	2,0083
HISTÓRIAS (total 6 pontos) [detectar e corrigir erros]	6	0	6 – 0	2,8571	1,9567

Quadro 4-7: Resultados máximo e mínimo obtidos pelas crianças da 'classe de ensaio' em cada prova, amplitude, média e desvio padrão.

Na prova 'Bairro', passada individualmente a doze crianças, tratou-se de analisar o seu grau de dificuldade ou facilidade, ver se era discriminativa, determinar o tempo médio de realização, afinar as instruções iniciais, etc.<sup>7</sup> Como se tratava de uma prova de cariz mais qualitativo, não determinámos valores certos ou errados. Verificámos tempos de latência, tempos de realização, número de tentativas, percursos e estratégias adoptadas por cada criança. Tentamos ainda saber a percepção que tiveram da prova: se a haviam achado difícil, se as instruções eram claras, se tinha que prestar atenção e memorizar muitas coisas, etc.

Das doze crianças: 5 acharam a prova 'um bocadinho difícil, pois havia muitas coisas para fazer' e 'o caminho era um bocadinho complicado'; 4 não lhes pareceu difícil pois 'não havia muitas coisas para fixar' e 'o caminho não era complicado'; finalmente 3 disseram que a prova 'era mais ou menos fácil, porque não havia muitas coisas para fazer, mas era complicado juntar tudo...'. Os tempos de latência variaram entre 1' 40" e 2" e os de realização entre 3' 50" e 1' 20". A maioria das crianças (9) só fez uma tentativa; as 3 restantes fizeram duas.

Só uma criança encontrou o percurso correcto e tendo em conta todos os constrangimentos. As onze restantes variaram no tipo de estratégias e de percursos. Vamos referir apenas dois protocolos: o mais próximo da solução

correcta (protocolo 1) e o mais longo e incorrecto, quer dizer, que não teve em conta quase nenhum dos constrangimentos (protocolo 2).

### Protocolo 1

Depois da explicação da prova diz que percebeu bem e:

Olha atentamente para o mapa do Bairro e simula com o lápis o percurso. Demora cerca de 1' 40" e depois diz "Acho que já sei fazer", e espera pela minha aprovação para começar.

Começa, numa 1ª tentativa, e quando chega ao 'multibanco' vê que não está bem e diz: "não, enganei-me, posso fazer outro?". Faz uma 2ª tentativa e quando termina revê o que fez e diz: "Já acabei".

O percurso da 1ª tentativa foi o seguinte:

Vai de casa à lavandaria, da lavandaria à papelaria, da papelaria ao correio e depois ao multibanco (aqui detecta o erro de ter comprado sem dinheiro).

O percurso da 2ª tentativa foi o seguinte:

Vai de casa à lavandaria, da lavandaria ao multibanco, do multibanco à papelaria e depois ao correio (tudo na parte debaixo do mapa); depois vai às fotos (pela parte central do mapa), à casa do amigo, à padaria e regressa a casa (ver figura 4-6: mapa do 'bairro' com o percurso feito por esta criança).

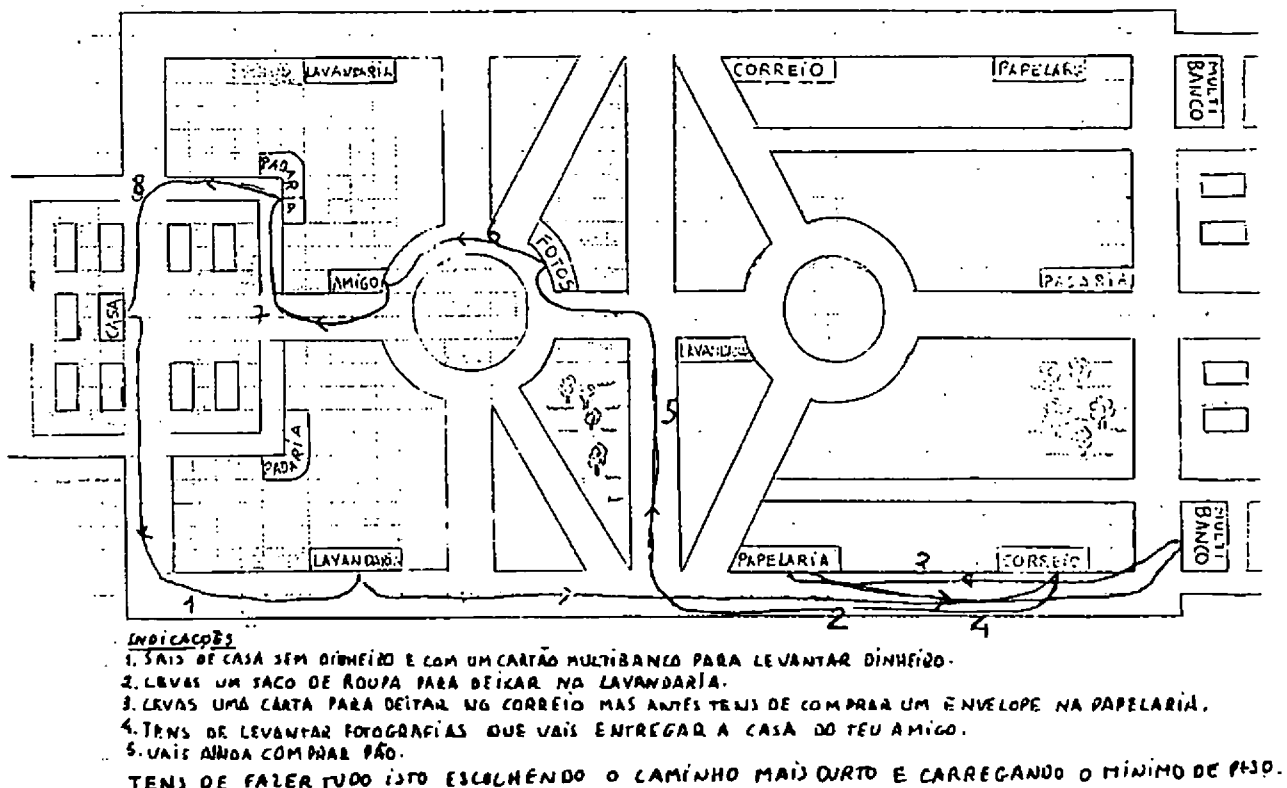


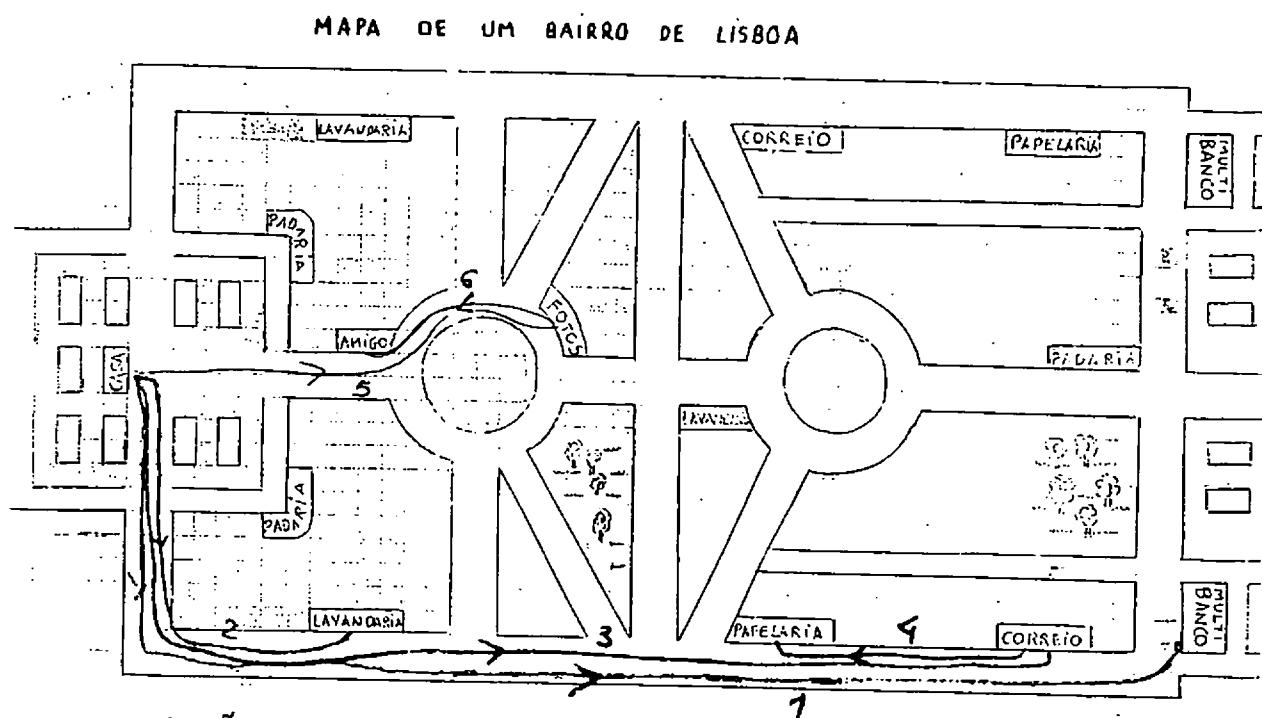
Figura 4-6: Protocolo 1 (redução de 40 %).

## Protocolo 2

Depois de explicada a prova, esta criança começa logo a realizar o percurso no mapa. Faz só uma tentativa, as acções são fragmentadas e não respeita quase nenhum dos constrangimentos (não existe planificação).

O percurso realizado foi o seguinte:

Sai de casa e vai ao multibanco (parte debaixo do mapa); sai de casa e vai à lavandaria (parte debaixo do mapa); sai de casa e vai à papelaria e da papelaria ao correio (parte debaixo do mapa); sai de casa e vai às fotos e depois a casa do amigo (parte central do mapa); esquece-se de ir à padaria e não regressa a casa (ver protocolo na fig. 4-7).



### INDICAÇÕES:

1. SAIS DE CASA SEM DINHEIRO E COM UM CARTÃO MULTIBANCO PARA LEVANTAR DINHEIRO.
2. LEVAS UM SACO DE ROUPA PARA DEIXAR NA LAVANDARIA.
3. LEVAS UMA CARTA PARA DEITAR NO CORREIO MAS ANTES TENS DE COMPRAR UM ENVELOPE NA PAPELARIA.
4. TENS DE LEVANTAR FOTOGRAFIAS QUE VAIS ENTREGAR A CASA DO TEU AMIGO.
5. VAIS AINDA COMPRAR PÃO.

TENS DE FAZER TUDO ISTO ESCOLHENDO O CAMINHO MAIS CURTO E CARREGANDO O MÍNIMO DE PESO.

Figura 4-7: Protocolo 2 (redução de 40 %).

## Testes 'psicométricos' às 4 provas de transferência de passagem colectiva

Como já referimos na nota 7 não utilizamos os procedimentos habituais para examinar a fidelidade ou fiabilidade das quatro provas de transferência de passagem colectiva, nomeadamente o procedimento '*teste-reteste*' ('correlação dos resultados obtidos nas duas passagens do mesmo teste aos mesmos indivíduos', para avaliar a estabilidade ou constância das medidas) ou o procedimento '*splithalf*' ('correlação entre os resultados de metade dos itens de uma prova com os restantes – geralmente entre os itens pares e os ímpares – obtidos pelos sujeitos nessa prova', para avaliar a homogeneidade da prova). Porquê? Vamos apresentar as três razões fundamentais:

a) a correlação '*teste-reteste*' não nos pareceu um procedimento correcto devido à idade das crianças. Se o tempo entre as duas passagens fosse próximo haveria o perigo de contaminação dos resultados; se fosse longo, as mudanças decorrentes do desenvolvimento (e aprendizagem) das crianças que, nestas idades, são aceleradas, invalidariam o procedimento (ver Zazzo, 1976).

b) A correlação '*splithalf*' só é apropriada para provas com um elevado número de itens (Cambon & Winnykamen, 1980), o que não é o caso das provas por nós construídas.

c) As provas foram construídas apenas para avaliar/medir o *plano experimental* concebido. O que nos interessa é comparar as três classes e nesse aspecto todas as crianças realizaram as mesmas provas. (Não tinham como objectivo a generalização a uma população mais vasta a não ser nos casos em que se possam reproduzir todas as condições descritas neste estudo).

Para colmatar esta falha (que pode ser considerada como a maior fraqueza da nossa investigação) fizemos uma análise de correlação com os resultados obtidos pelas crianças das três classes no pré-teste. Tratou-se de comparar os resultados de cada questão com os resultados das restantes questões de cada prova (*item/total correlations* e *mean item/total correlation* –

*Cronbach Alpha*), com o objectivo de avaliar a sua homogeneidade. Tratou-se de facto de uma análise de correlação multivarida. Em anexo XIX, estão disponíveis todos os resultados obtidos com esta análise (pp. 369-373).

Aqui, gostaríamos só de salientar que as provas 'CAIXAS' (heurística de representação externa) e 'HISTÓRIAS' (detectar e corrigir um conjunto de instruções) deram valores elevados de correlação (valores de 'r' compreendidos entre ,5941 e ,7082 na prova CAIXAS e entre ,6455 e ,8554 na prova HISTÓRIAS), mostrando-se todos estatisticamente significativos ( $p < 0.0001$ ). Já nas provas 'FIGURAS' (heurística de decomposição de problemas) e 'DIAS DA SEMANA' (heurística de representação externa), alguns itens têm níveis de correlação baixos (variando entre ,1882 e ,2791 na prova Figuras e entre -,1398 e ,3517 na prova Dias da Semana, que não são estatisticamente significativos –  $p > 0.0001$ ) e outros níveis de correlação satisfatórios ou elevados (variando entre ,3494 e ,9076 na prova Figuras e entre ,5192 e ,7279 na prova Dias da Semana, que são estatisticamente significativos –  $p < 0.0001$ ).

É ainda conveniente referir que relacionamos os valores registados pelas crianças nas quatro provas de transferência no pré-teste com os valores de QI obtidos pelas crianças na ECNI. As correlações foram quase todas positivas e significativas ( $p < 0.05$ ). Como a ECNI está aferida para a população portuguesa, este é um indicador interessante. Por isso, transcrevemos seguidamente a análise correlacional efectuada: correlação de Pearson entre as pré-provas e entre as pré-provas e os três tipos de QI - *Pearson Product Moment Correlations* (ver quadro 4-7).

	CAIXAPRE	ERROPRE	FIGURPRE	SEMAPRE	QIVERB	QINVERB	QIEC
CAIXAPRE	1,0000 (77) p=,	,2447 (77) p=,032	,2370 (77) p=,038	,3405 (77) p=,002	,2765 (77) p=,016	,2482 (77) p=,031	,3344 (77) p=,003
ERREPPE	,2447 (77) p=,032	1,0000 (77) p=,	,4157 (77) p=,000	,4255 (77) p=,000	<b>,0873</b> (77) <b>p=,453</b>	<b>,2133</b> (77) <b>p=,064</b>	,2417 (77) p=,035
FIGURPRE	,2370 (77) p=,038	,4157 (77) p=,000	1,0000 (77) p=,	,3215 (77) p=,004	<b>,0262</b> (77) <b>p=,822</b>	,2756 (77) p=,016	,2692 (77) p=,019
SEMAPRE	,3405 (77) p=,002	,4255 (77) p=,000	,3215 (77) p=,004	1,0000 (77) p=,	,2632 (77) p=,022	,2895 (77) p=,011	,3553 (77) p=,002

Quadro 4-7: Correlação de Pearson entre as pré-provas e entre as pré-provas e os três tipos de QI. A negrito estão assinaladas as correlações e os valores de *p* que não se revelaram estatisticamente significativos ( $p > 0.05$ ). Todas as restantes correlações se mostraram estatisticamente significativas.

Mas o argumento mais consistente para validar as provas construídas é fornecido pela tendência geral dos resultados, posta em evidência através de todas as análises estatísticas feitas (que descrevemos na Quarta Parte – Capítulo 7). Encontramos uma tendência forte nos resultados em todas as análises realizadas. Tendência que é coerente e válida.

Para terminar esta parte dedicada à descrição da metodologia, e antes de passarmos a analisar o ambiente de aprendizagem modelado na C.E. , gostaríamos só de dizer que deixamos para as conclusões a análise dos resultados das entrevistas (e de outros indicadores), efectuadas com as professoras e membros da equipa de apoio técnico, um ano e também dois anos depois de ter terminado a experiência. Estes dados permitir-nos-ão avaliar a exequibilidade de *plano experimental* concebido e a capacidade da escola, agora sem um apoio externo sistemático, para manter e integrar a inovação tecnológica nas actividades curriculares.

## Notas

<sup>1</sup> Traduzimos as expressões '*Design Science of Education*' e '*Design Experiments*', utilizadas por Collins (1992) por 'Ciência do Projecto Educativo' e 'Planear Experimentos', respectivamente, pois a tradução literal 'desenho' não nos parece adequada.

<sup>2</sup> O termo aptidão é aqui utilizado no sentido amplo, tal como foi definido por Snow (1992), nomeadamente, como qualquer característica do aluno que pode influenciar a sua aprendizagem e a actividade de resolução de problemas e ainda as suas realizações.

<sup>3</sup> Os "períodos de transição" (Inhelder, Sinclair e Bovet, 1974; Piaget e Inhelder, 1966), "períodos abertos" (Kohlberg e Mayer, 1972, 1979) ou "zonas potenciais de desenvolvimento" (Vygotsky, 1968), são terminologias utilizadas pelos psicólogos cognitivistas para designar os períodos óptimos do desenvolvimento das estruturas e processos mentais, onde intervenções educativas com determinadas características, nomeadamente de 'treino' de certas operações e competências, podem apoiar as crianças a desenvolvê-las e a funcionar em níveis superiores aos que habitualmente utilizariam.

<sup>4</sup> J. F Almeida (1988).

<sup>5</sup> As três classes perfazem todas as classes do 4º ano da escola. De início (no plano ideal) pensámos constituir três grupos: um experimental e dois de controlo (um que utilizasse o Logo segundo os critérios da professora e o outro que não o utilizasse). Contudo, as três professoras quiseram usar o Logo no contexto das actividades escolares. Pareceu-nos que os efeitos negativos que decorreriam das explicações que era necessário fornecer às professoras (nomeadamente o efeito de Hawthorne), seriam mais prejudiciais para o desenvolvimento da investigação do que constituir dois grupos de controlo com Logo. Este aspecto envolve ainda questões éticas.

<sup>6</sup> A validade (*validity*) é uma das características dos instrumentos de medida. Outras são a fidelidade ou fiabilidade (*reliability*) e a facilidade de administração (*usability*). Em termos genéricos a validade pode ser definida como a característica do instrumento que lhe permite medir o que foi concebido para medir. Por exemplo, de um teste de inteligência geral espera-se que avalie a inteligência geral e não outra coisa qualquer. Por isso, a validade de um instrumento é relativa e não absoluta. A validação de um instrumento é um trabalho complexo, pois requer a utilização de várias evidências para justificar a sua utilização em várias situações. A validade de um instrumento de medida engloba três tipos: de conteúdo, de critério e de *constructo*. A *validade de conteúdo* refere-se ao tipo de inferências que podemos fazer a partir dos resultados; se o instrumento tem validade de conteúdo, posso inferir que um aluno com um bom resultado terá igualmente êxito em provas e tarefas que façam apelo ao mesmo tipo de competências ou conhecimentos do que o instrumento é apenas uma amostra representativa.

---

A *validade de critério* permite inferir os resultados presentes ou futuros de um aluno num outro teste ou tarefa relevante. Por fim, a *validade de constructo*, permite fazer inferências sobre a permanência relativa numa variável teórica ou *constructo* que é tido como a responsável da realização. De um instrumento válido espera-se que ele permita estes três tipos de inferências. (Por exemplo, um teste de compreensão de vocabulário será válido se: for uma amostra representativa do conjunto dos vocábulos; conseguir prever a futura realização académica; e medir o *constructo* 'compreensão do vocabulário').

É óbvio que não utilizámos todos os procedimentos e não recolhemos todas as evidências para validar as provas construídas. Se o tivéssemos feito, esse seria o objecto da tese de doutoramento, o que não é o caso. Utilizámos apenas alguns procedimentos que nos garantissem que as provas construídas avaliavam as competências em causa, recorrendo nomeadamente à análise de provas construídas por outros investigadores que visavam avaliar as mesmas competências, a consulta a especialistas, particularmente um dos orientadores da tese, e a análise teórica dos *constructos* em causa.

<sup>7</sup> A determinação da fiabilidade de um instrumento de medida refere-se a um conjunto de procedimentos que permitem eliminar ou contornar as fontes de erro presentes em qualquer medição/avaliação.

Segundo Cambon e Winnykamen (1980) os erros podem definir-se pelos desacordos:

- Entre dois observadores diferentes colocados frente a uma mesma situação;
- Entre duas aplicações diferentes de uma mesma prova aos mesmos sujeitos (*'teste-reteste'*). O coeficiente de correlação informa-nos sobre o grau de correspondência entre duas classificações. Segundo Cronbach (1960) os coeficientes de correlação não devem ser inferiores a .80. Este tipo de procedimento fornece-nos a estabilidade ou constância das medidas;

- Entre duas provas (ou partes de uma mesma prova – *'splithalf'*) que supostamente medem a mesma variável. A correlação entre os resultados de duas provas paralelas ou entre duas partes de uma mesma prova (geralmente entre os itens pares e ímpares) fornece-nos a homogeneidade interna da prova.

Cada um destes procedimentos tem os seus inconvenientes. No *'teste-reteste'* os principais relevam da modificação dos sujeitos e dos efeitos de aprendizagem de uma aplicação a outra. No *'splithalf'* a correlação pode ser diminuída devido a diferenças na formulação das questões. Geralmente só se utiliza um destes procedimentos para 'avaliar' a fiabilidade de um instrumento de medida.

Nós não utilizámos nenhum destes procedimentos. Limitámo-nos a fazer uma análise das correlações (*item/total correlations; mean item/total correlations* – Cronbach Alpha) utilizando os resultados das crianças dos três grupos-classe nas pré-provas, para 'avaliar' a homogeneidade interna de cada prova.



<sup>8</sup> Na actualidade existem duas perspectivas sobre a planificação: a cognitivista e a contextualista. Embora cada uma delas recubra várias teorias e modelos, podemos resumir do seguinte modo o que as caracteriza e distingue:

— A perspectiva cognitivista considera a planificação como uma competência cognitiva de alto nível que pode ser utilizada pelos sujeitos em vários domínios. Um 'bom planeador' é visto como um indivíduo capaz de resolver com facilidade vários tipos de problemas, independentemente das áreas onde se aplica a planificação, que podem ir da solução de tarefas cognitivas a tarefas académicas ou mesmo às relações interpessoais. O planeamento envolve a aquisição de representações mentais ou, nas palavras dos contextualistas, de representações armazenadas no cérebro. Segundo Baker-Sennett, Matusov e Rogoff (1993) grande parte da investigação da psicologia cognitiva do desenvolvimento tem adoptado esta perspectiva (ver Brown e DeLoache, 1978; Klahr, 1985; entre outros). Ainda segundo esta abordagem, a organização e inteligibilidade da acção está contida nos planos que lhe estão subjacentes. Os planos são ao mesmo tempo pré-requisitos e prescrevem a acção, mesmo quando têm que ser reajustados às situações, quer dizer, redefinidos. Por exemplo, o modelo de planeamento do paradigma cognitivista considera um plano uma sequência hierárquica de acções interligadas para atingir um determinado fim pré-concebido (ver Newell e Simon, 1972).

— A perspectiva contextualista considera que a planificação está intimamente associada às circunstâncias. O objectivo desta abordagem ao estudar a planificação nas crianças, não está em determinar quando é que a capacidade de planeamento ou um estágio particular desta capacidade começa. Está sim em descrever a natureza da actividade de planificação, quer em termos de esforços empreendidos pela criança quer em termos das próprias circunstâncias (ver Baker-Sennett et al., 1993; Rogoff, 1990). A inteligibilidade da acção, contrariamente à perspectiva cognitivista, não reside nos planos, considerados como pré-requisitos e prescritivos da acção, mas nos planos que se constroem em interacção com as circunstâncias.

Embora a concepção e ângulo de abordagem da planificação sejam diferentes nestas duas perspectivas, ambas consideram que a planificação tem algumas características que a distingue de outros fenómenos psicológicos. A planificação (como capacidade que se adquire ou como processo adaptado às circunstâncias) envolve: (1) orientação para atingir uma finalidade deliberada (mas não necessariamente consciente ou racional); (2) ponderação dos esforços para contornar o(s) problema(s) e atingir a finalidade; (3) uso de recursos mediatizados para atingir a finalidade.

<sup>9</sup> As heurísticas são estratégias para analisar e transformar os problemas que aumentam substancialmente a probabilidade de obter êxito, embora não garantam que se encontre a solução correcta (ver Schoenfeld, 1992; De Corte, 1994).

Exemplos de métodos heurísticos são: análise cuidadosa de um problema discriminando o que se sabe do que não se sabe; trabalhar no sentido inverso, isto é, da

---

solução para os dados do problema (Anderson et al., 1985); decompor um problema em sub-problemas de mais fácil resolução (Newell e Simon, 1972; Simon, 1982).

<sup>10</sup> A representação externa é uma heurística que consiste em elaborar uma representação gráfica (geralmente um diagrama) que facilita a solução de um problema que é dado em palavras (Bransford e Stein, 1984). Como qualquer heurística não conduz inevitavelmente à solução do problema, mas aumenta a probabilidade de a encontrar. Simon (1982) refere que uma boa maneira de resolver um problema é encontrar uma boa representação; e esta não é geralmente verbal mas figurativa (Larkin, McDermont, Simon e Simon, 1980; Paig e Simon, 1982).

## Ambiente de aprendizagem na Classe Experimental

No início do ano lectivo (1994/95), em conjunto com a professora da C.E., elaborámos um programa de aprendizagem do Logo que contemplasse as três vertentes referidas: aprendizagem de conceitos básicos de programação, de noções geométricas e de competências cognitivas. Procurámos que estas dimensões fossem ensinadas de um modo integrativo, i.e., não ensinando primeiro o Logo e depois a geometria e as competências cognitivas. A nossa preocupação foi a de as relacionar constantemente. Considerámos que, através desta abordagem integrativa, representada no diagrama que se segue (ver figura 5-1), e designada por Meios, as crianças da Classe Experimental aprenderiam os Fins, ou seja, algumas noções básicas de geometria, as principais características e conceitos do Logo e as competências cognitivas; e ainda a transferir estas competências para tarefas similares.

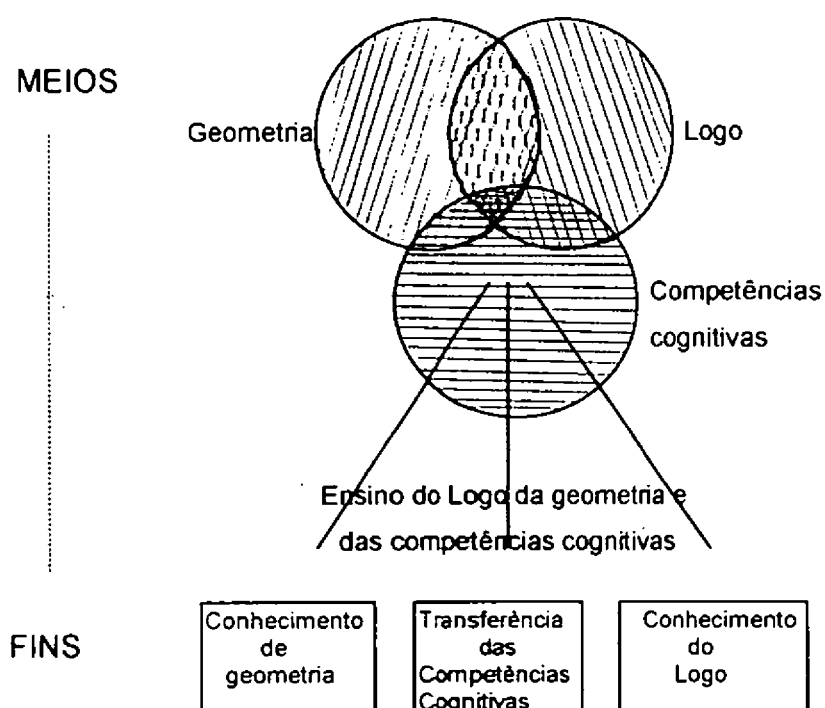


Figura 5-1: Esquema do programa de ensino/aprendizagem da C.E.

Contudo, nesta fase, estávamos ainda no domínio da planificação prévia, quer dizer, da concepção abstracta do plano que, embora tenha tido em conta vários conhecimentos, (nomeadamente do(s) domínio(s), da realidade da escola e das crianças), não deixou, como é óbvio, de ser modificado e afinado ao longo da sua concretização. A informação retroactiva, fornecida sobretudo pelo comportamento e reacções das crianças, levou-nos a alterar certos aspectos, a inflectir procedimentos e a ensaiar novas estratégias. É neste confronto com o real, na atenção e observação cuidada dos aspectos que 'correm bem', mas também dos que 'correm menos bem' ou até 'mal', que reside o encanto da experimentação em contextos complexos, como o é uma sala de aula em funcionamento. Discernir os aspectos que afectam positiva e negativamente o desenvolvimento de uma experiência, ela própria concebida com o objectivo de controlar ao máximo todas as variáveis (independentes) que podem afectar os resultados (variáveis dependentes), é uma das tarefas mais motivadoras para o investigador.

A professora da classe experimental encarregou-se, com o nosso apoio, do ensino do Logo.

Este tinha duas componentes interligadas: ensino das principais primitivas e conceitos do Logo, tendo por base um conjunto de exercícios que faziam apelo a noções geométricas e treino de duas estratégias de programação que, de novo, incluíam figuras geométricas simples e complexas. Foi durante a aprendizagem destas estratégias de programação que as competências cognitivas foram ensinadas às crianças. Foi-lhes ainda mostrado como estas competências podiam ser utilizadas noutras situações e contextos (ver quadro 5-1: programa instrutivo da C.E.).

Quadro 5-1: Programa instrutivo da C.E.

SESSÕES	ACTIVIDADES – 1ª PARTE DO PROGRAMA APRENDIZAGEM DAS PRIMITIVAS, PRINCIPAIS CONCEITOS DO LOGO E ALGUMAS NOÇÕES GEOMÉTRICAS
1	Apresentação do investigador e do programa LOGO (distribuição de um manual a cada criança– ver anexo XIII), bem como da investigação a realizar. Distribuição de disquetes aos alunos (uma por grupo) e de um caderno/sebenta para elaborar os planos e registos (ver anexo XIV).
2	Introdução aos comandos elementares ou primitivas: PF n/ PT n, VD n/ VE n, CE, CB, simuladas com o corpo e representadas no quadro.
3-4-5	Execução das primitivas elementares no computador, com base num conjunto de exercícios propostos (passo a passo – modo directo e depois trabalho no editor – modo ensinar). Os exercícios sugeriam a experimentação de vários comprimentos (PF 20, PF 100, PT 50, PT 45, etc.) e valores de ângulos (VD 90, VE 45, VD 135, etc.).
6-7	Continuação do trabalho anterior, mas agora realizando figuras geométricas simples (quadrado e rectângulo).
8	Análise dos trabalhos das crianças registados na impressora.
9-10-11	Introdução ao comando REPETE (só com primitivas elementares): quadrado e rectângulo.
12-13-14	Continuação da sessão anterior. Utilização do comando REPETE (só com primitivas): circunferência e triângulo equilátero.
15	Reflexão sobre a noção de ângulo como intercepção de planos; distinção entre ângulos internos e externos de um polígono (a tartaruga só faz ângulos externos). Realização de vários exercícios sobre ângulos.
16	Análise dos trabalhos das crianças no comando REPETE (iteracção, modularidade simples), com base na impressão dos mesmos.
17	Passagem do primeira prova LOGO (1ª versão), também realizada pelas crianças das duas Classes de Controlo.

- 18-19** Construção de procedimentos e sub-procedimentos, utilizando o comando REPETE: Semi-perímetro do Quadrado e do Rectângulo, Quadrado, Rectângulo, Triângulo, etc.
- 20-21-22** Utilização do comando REPETE: a lista a ser repetida contém primitivas e procedimentos. Ex.: Escada, Janela, Cruz (onde irão integrar os procedimentos anteriormente construídos).
- 23** Análise dos resultados da prova Logo, discussão dos erros e dificuldades mais comuns.

#### **ACTIVIDADES – 2ª PARTE DO PROGRAMA**

APRENDIZAGEM DE OUTROS POLÍGONOS REGULARES, INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE VARIÁVEL COMPUTACIONAL E APRENDIZAGEM DAS DUAS ESTRATÉGIAS DE PROGRAMAÇÃO ('BOTTON-UP' E 'TOP-DOWN').

- 24-25** Planificação de um pequeno projecto que inclua os procedimentos e sub-procedimentos anteriormente construídos, designado por CASA (estratégia de programação 'botton-up')
- 26-27-28** Execução e correcção do plano-esboço construído.
- 29** Reflexão com os alunos sobre as competências cognitivas utilizadas, nomeando-as e mostrando cartões com profissões que as têm por base: planificação, representando externamente os problemas, decompondo-os nos seus elementos (ou recompondo as partes num todo) e detectando e corrigindo erros.
- 30** Demonstração da estratégia 'top-down', no caso do projecto CASA.
- 31-32-33-34** Prática das diferentes componentes da estratégia.
- 35-36-37-38** Planificação de projectos concebidos pelos alunos e treino das duas estratégias de programação.
- 39-40-41-42** Continuação das sessões anteriores. Alguns projectos incluíam outros polígonos regulares além dos já aprendidos. Por isso, introduzimos pequenos projectos dentro dos projectos das crianças: polígonos regulares com 5, 6, 7, 8,

n lados. Foi ainda nesta altura, e só para as crianças mais avançadas, que introduzimos a noção de variável computacional

43-44 Continuação das sessões anteriores

45 Passagem da segunda prova Logo (2ª versão, que não pode ser passada às crianças das duas classes de controlo e, por isso, não foi considerada na análise dos resultados)

---

### **Ensino das primitivas e dos conceitos básicos do LOGO**

O conteúdo das sessões de Logo com as 28 crianças da C.E. consistiu, numa primeira fase, no ensino e aprendizagem das primitivas básicas desta linguagem de programação (PF/PT, VD/VE, LC/LB, LE, MT/ET, Rápida/Lenta; etc.), na utilização do comando REPETE, na escrita de procedimentos e na utilização das cores. O conteúdo desta aprendizagem procedural, das primitivas e conceitos básicos do Logo, recaiu sobre noções geométricas: linhas, ângulos, polígonos regulares (trata-se sobretudo de uma linguagem gráfica).

Trabalhámos com uma concepção moderadamente construtivista, quer dizer, considerámos que um ambiente de aprendizagem estimulante deve ser caracterizado por um balanço equilibrado entre a descoberta e a instrução sistemática. Isto significa que as crianças, que trabalhavam aos pares (só dois grupos eram constituídos por três crianças), tinham sempre sugestões de actividades em cada sessão, que permitiam uma exploração guiada das principais primitivas e conceitos do Logo mas que, ao mesmo tempo, se lhes dava um certo grau de liberdade de exploração das primitivas e conceitos a serem aprendidos.

No entanto, o ensino de cada nova primitiva ou conceito era feito de um modo sistemático, quer através da demonstração no computador ou mesmo no quadro (feita pela professora ou pela investigadora) quer pela discussão em grupo. Era durante este processo que os erros típicos das crianças, quer dizer, os erros mais comuns, eram analisados. Por exemplo, para que as crianças compreendessem e corrigissem os erros relativos à direcção da tartaruga e aos

valores de ângulos, a professora, apoiada pela investigadora, realizava actividades como 'fazer de conta que se é a tartaruga', onde uma criança dava as instruções, outra simulava com o corpo e uma terceira fazia o traçado gráfico no quadro, vendo a direcção e estimando os valores angulares. Do mesmo modo se utilizou a queda de um lápis, a intercepção de folhas de papel e o transferidor, para analisar a noção de ângulo e determinar o valor de ângulos internos e externos de alguns polígonos regulares. As crianças tiveram ainda a oportunidade de praticar no computador, as novas primitivas e conceitos. No final desta fase, que durou até às férias de Carnaval, foi passado um teste de avaliação dos conhecimentos adquiridos em Logo (1ª versão), às crianças das três classes.

Os resultados foram discutidos e analisados com as crianças da C.E. numa sessão colectiva de uma manhã completa. Os resultados das duas C.'s C. foram devolvidos às professoras para estas terem uma ideia da evolução das crianças e, se o desejassem, programarem estratégias de ensino que colmassem as dificuldades manifestadas.

Foi a partir desta avaliação mais formal da aprendizagem que se começaram a diferenciar as propostas de actividades a dar a cada par de crianças (ver anexo XVI1: propostas diferenciadas de trabalho, pp. 232-257).

Antes de passarmos a descrever a 2ª parte do programa Logo, que se centrou no ensino de duas estratégias de programação, vamos analisar com mais pormenor o desta 1ª parte do programa, bem como algumas das dificuldades surgidas e as estratégias ensaiadas para as superar.

A 1ª sessão, efectuada na sala de aula, com a colaboração da professora e a presença de todas as crianças, foi uma sessão informativa, de constituição dos grupos e de distribuição do material necessário. À semelhança das outras componentes curriculares, foi distribuído aos alunos um manual Logo (ver excerto em anexo XIII, pp. 182-195), uma sebenta para planificar os projectos e os avaliar (ver anexo XIV, pp. 196- 199), uma disquete e ainda um caderno de rascunhos. Pareceu-nos que esta informação inicial era de grande importância, pois nela os alunos tomaram contacto com o novo domínio em estudo e com os objectivos que nos proponhamos atingir. Foi uma sessão muito participada pelas crianças, que souberam ouvir com atenção e levantaram questões pertinentes. Por exemplo, quando estávamos a explicar



os símbolos das primitivas da linguagem e da sua gramática elementar e a nomeá-los, um dos alunos levantou o braço, pediu para intervir e disse: *"Parece que já estou a perceber: as coisas no Logo têm nomes, como as outras coisas têm nomes ... eu sei que chamo mesa à mesa (aponta para a mesa) e cadeira à cadeira (aponta para uma cadeira), mas podia trocar os nomes, não é? Chamar cadeira à mesa e mesa à cadeira (ri-se)..."*. A reflexão desta criança, levou algumas a rirem-se, e outras a quererem entrar na discussão. Foi muito interessante observar como crianças de 9 anos (estávamos no início do ano), se envolveram numa reflexão de 2ª ordem, percebendo, à sua maneira, a arbitrariedade dos símbolos, e a necessidade das convenções para nos podermos entender. Deste modo, iniciaram o percurso do Logo. Foi-lhes ainda explicado, embora brevemente, que iríamos utilizar o Logo para a aprendizagem do programa de geometria.

O que pretendemos com esta primeira sessão foi informar e clarificar o contexto desta nova aprendizagem. Pareceu-nos que ele deve ser claro para o professor, o deve ser também para os alunos. No entanto, na aprendizagem de um novo assunto os alunos devem ser iniciados mais pelo 'fazer' do que pelo 'dizer', o que significa que as explicações do professor não podem substituir a aprendizagem construtiva do aluno. O Logo, quando bem utilizado, pode facilitar esta aprendizagem 'pelo fazer'. Por isso, as sessões seguintes foram dedicadas à realização de exercícios e exploração das suas primitivas.

Cada par de crianças, tinha sempre propostas de trabalho escritas em cada sessão. Estas eram lidas alto, procurando-se depois que fossem cumpridas por todos. Contemplavam dois ou três exercícios e sugestões de exploração. Esta estratégia parece-nos fundamental quando se trabalha com uma classe numerosa. Sem um suporte escrito, as crianças não sabem bem como orientar o seu percurso de aprendizagem e o que se espera delas, o que conduz a constantes solicitações, gerando 'burburinho' e a alguma desorientação. Este procedimento, liberta o professor das 'questões disciplinares', podendo prestar atenção ao apoio dos alunos nas questões directamente relacionadas com a aprendizagem. Vejamos algumas propostas (em anexo XV: mais exemplos).

### 1ª sessão no Logo

1º Distribuir tarefas: quem fica a programar e quem fica a registar no caderno

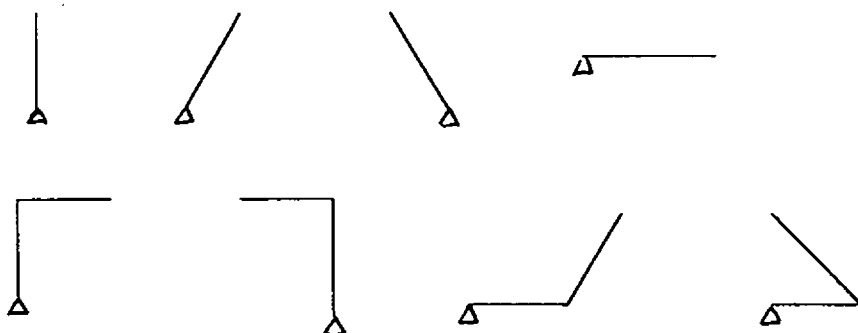
escrever no caderno a data de hoje \_\_ / 10 / 94

nome de quem regista: \_\_\_\_\_

2º Abrir o programa Logo, clicando duas vezes na alegoria 'Logo'

3º Entrar no programa Logo.

4º Utilizando os comandos PF, PT, VD, VE, LC, LB, ET, MT, LE, AC, vão tentar fazer as seguintes linhas e ângulos:



Não se esqueçam de registar no caderno as instruções dadas (valores do comprimento das linhas – segmentos de recta – e dos ângulos).

5º Vão dar as seguintes instruções à tartaruga : LE

e ver o que faz a tartaruga

AC

LC

PF 100

VD 90

PF 80

VE 90

LB

PF 30

VD 90

PF 30

6º Utilizando os comandos que já conhecem, podem fazer as figuras que desejarem (linhas e ângulos).

7º Gravar o trabalho feito e criar uma pasta pessoal. Dar um nome à vossa pasta pessoal.

8º Sair do programa.

Como referimos já, as demonstrações feitas pela professora no quadro e a discussão entre alunos não são suficientes. Do mesmo modo, não se

mostraram suficientes estas instruções e sugestões de trabalho. Existem dúvidas que só surgem no trabalho directo de cada criança com o computador e o programa. Por exemplo, nas duas primeiras sessões de trabalho directo com o Logo, e apesar de já ter sido discutido e simulado na aula a posição e direcção da tartaruga, este problema voltou a surgir, sobretudo quando o seu referencial não correspondia ao das crianças. Por isso, e sempre que este problema surgia, recorreu-se à simulação física, em que uma criança dava instruções a outra criança e uma terceira representava graficamente no quadro o traçado das instruções (foi uma estratégia que se mostrou eficaz). Outros problemas surgiram. Por exemplo, na quarta sessão, um par de crianças pôs o computador em ciclo, i.e., construiu um procedimento recursivo espontaneamente (sem disso ter consciência), pois utilizou uma instrução que se utilizava a si própria; deu as seguintes instruções: Para Linha

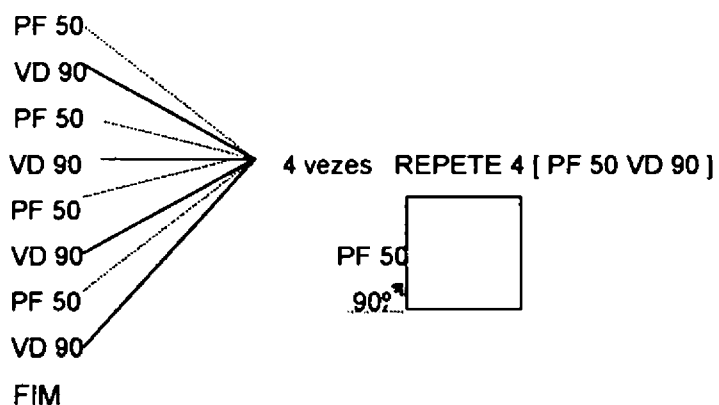
PF 80 PT 80

Linha

FIM

Aproveitamos este 'erro', para explicar como se fazia parar o computador e o que era um procedimento recursivo sem, no entanto, aprofundarmos o assunto. Não trabalhámos com procedimentos recursivos.

À semelhança do que tínhamos feito para a aprendizagem das primitivas básicas, o comando REPETE foi introduzido na aula. Todos os alunos tinham já programado o quadrado e o rectângulo, passo a passo, no modo ensinar. O trabalho que foi feito foi contar as vezes que a tartaruga andava PF x e quantas vezes VD y ou VE y e explicar a sequencialidade dos seus passos. Assim: Para Quadrado



Outro problema interessante que surgiu foi a construção do triângulo equilátero. A tartaruga só faz os ângulos externos. No procedimento quadrado e retângulo não houve problemas, pois o valor dos ângulos internos e externos é igual. O mesmo não se passa com o triângulo. As crianças tentaram primeiro programá-lo de um modo exploratório. Surgiram muitos problemas. Foi nesta altura que a professora realizou uma sessão na aula, onde explicou a noção de ângulo como intercepção de planos. As crianças puderam ver os ângulos formados pela intercepção das paredes da sala, determinar o valor do(s) ângulo(s) feito pela queda de um lápis colocado na vertical e os valores dos ângulos internos e externos, de várias figuras geométricas, como o apoio do transferidor. Foi deste modo que perceberam que o valor do ângulo externo do triângulo equilátero é de  $120^\circ$  e que a soma dos ângulos externos do quadrado, do retângulo e do triângulo é de  $360^\circ$  (A noção de ângulo externo não faz parte do programa de geometria do 1º ciclo, no entanto, o trabalho com o Logo, exigiu que a professora o introduzisse).

A folha de instruções dadas às crianças na sessão em que tentaram programar o triângulo equilátero foi a seguinte:

#### Sessão Logo

1º Distribuir tarefas: quem fica a programar e quem fica a registar no caderno

escrever no caderno a data de hoje \_\_\_ / 12 / 94

nome de quem regista: \_\_\_\_\_

2º Abrir o programa Logo e a vossa pasta. Vejam o que já programaram.

3º Construir o procedimento equilátero usando o comando REPETE. Ver como fizeram o triângulo passo a passo.

Para equilátero

\_\_\_\_\_  
REPETE \_\_\_ [ \_\_\_\_ \_\_\_\_ ]

Fim

4º Gravar o trabalho e sair do programa.

Estas duas estratégias de ensino não foram suficientes para algumas crianças conseguirem, sem problemas de maior, programar o triângulo equilátero.

Vejamos um excerto de uma observação do trabalho de um par de crianças que estava a encontrar dificuldades na programação do triângulo e as intervenções da professora.

(...)

Criança: "Ana, por favor, venha cá."

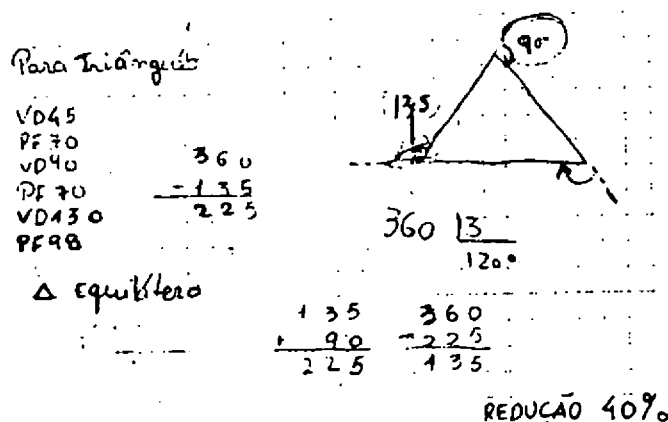
Ana: "Sim, qual é o vosso problema?"

Crianças: "Não conseguimos fazer o triângulo"

Ana: "Vamos ver, na página de trás, o que já programaram"

Tinham já construído vários procedimentos utilizando o comando REPETE. O triângulo tinha sido feito passo a passo e os valores dos lados e dos ângulos não eram iguais. Não era possível utilizar o comando REPETE com estas instruções. Assim: Para Triângulo VD 45 PF 70 VD 90 PF 70 VD 135 PF 98 Fim.

Estas instruções construídas passo a passo denotam uma certa reflexão, sobretudo na determinação do valor dos ângulos de 90° e de 135°. No caderno de registos este par de crianças tinha as seguintes anotações:



Ana: "Como podem construir um triângulo equilátero?"

Crianças: "Tem os lados e os ângulos todos iguais"

Nesta altura a criança que não estava a programar recorre ao caderno, onde estavam registados os exercícios feitos na aula e diz:

Criança: "A tartaruga faz os ângulos externos. A soma dos ângulos externos é de 360°. Depois, sem explicar nada escreve no caderno  $360:3=120^\circ$ . Continua a falar:

"Cada ângulo é de  $120^\circ$ ".

Ana: "Então, como fazer o triângulo, usando o comando REPETE?"

Uma das crianças vai escrevendo as instruções que a outra (que tinha o caderno) lhe dita

Criança: "Vá, escreve:

Para equilátero

Repete 3 [VD 120 PF 100]

Fim

Mudam para a página da frente e escrevem 'equilátero' e a tartaruga faz:



As crianças ficam surpreendidas com o resultado. Não era assim que queriam que ficasse.

Ana: "Onde estará o erro?"

As crianças não conseguem ver onde falharam.

Ana: "Mandem a tartaruga fazer equilátero em modo lento e vejam como ela faz o triângulo"

As crianças vêm e a professora vai chamando a atenção para as instruções associadas aos movimentos da tartaruga. Vendo que esta estratégia não funciona recorre ao caderno. Desenha no caderno a posição inicial da tartaruga, o valor da 1ª rotação (valor do ângulo) e da 2ª rotação (valor do ângulo externo de 120°). Não foi fácil, para estas duas crianças perceberem a rotação da tartaruga e o valor dos ângulos, pois trata-se de compensar para a esquerda o valor do ângulo externo de 120°, que a tartaruga executa para a direita. A dada altura uma das crianças diz: "Não estou a perceber nada"

Ana: "o que é que não está a perceber?"

A criança recorre ao caderno e desenha a tartaruga na posição inicial (virada para cima) e depois fá-la rodar 90° para a direita. Experimentaram assim, introduzindo esta nova instrução no procedimento já construído. Assim: Para equilátero

VD 90

Repete 3 [ VD 120 PF 100]

Fim

Este novo procedimento produz um resultado idêntico ao anterior só com o vértice superior virado para a esquerda. Assim:



De novo a professora recorre ao caderno e tenta explicar, simulando graficamente os movimentos de rotação da tartaruga e a compensação dos valores de ângulo.

Como vemos neste exemplo, o trabalho com o Logo é exigente. As sessões de explicação e reflexão feitas na aula sem o computador, não substituem o trabalho directo (experimental) das crianças com o Logo e o apoio individualizado do professor, ajudando a detectar/corrigir os erros e a reflectir sobre as acções e seus efeitos.

Queríamos ainda referir que, de facto, o Logo nos parece um bom instrumento para aprender a geometria se o professor apoiar os alunos a relacionar o conhecimento procedural característico do Logo com o conhecimento declarativo mais tradicional. Os exemplos anteriormente referidos são disso ilustração. Como Van Hiele (1986) refere, em geometria estuda-se o espaço, não o espaço experiencial ('perto', 'longe', 'em cima', 'ao lado', etc.), mas o espaço geométrico. Ou, dito de outro modo, começa-se a estudar geometria quando olhamos as coisas desse ponto de vista, quer dizer, quando estabelecemos relações geométricas. Mas o que é que podemos considerar geométrico? Ainda segundo Van Hiele, só uma análise fenomenológica (não no sentido de Husserl, mas sim no de uma análise do contexto em que os fenómenos e conteúdos de uma disciplina aparecem como símbolos) podemos clarificar as condições em que uma relação é geométrica. Na geometria, muitos símbolos começam por ter existência através de imagens, nas quais as propriedades e relações observadas são temporariamente projectadas. É o nível 1 ou nível visual de Van Hiele, em que se encontram muitas das crianças das idades com que trabalhamos e mesmo muitos adultos sem instrução formal de geometria. Neste nível, uma criança ou mesmo um adulto, são capazes de dizer, perante a observação de um rectângulo: "isto é um rectângulo". Existe já uma linguagem, mas esta limita-se a indicar as configurações que se tornam claras por meio da observação. A partir daqui e sem explicações a mesma criança ou outra será capaz de dizer: "e isto é também um rectângulo". É a generalização do conceito apenas a nível visual. Este fenómeno não é exclusivo da geometria. É um fenómeno em que se baseia toda a comunicação humana, bem conhecido dos psicólogos cognitivistas, sobretudo os que estudam a formação de conceitos e de categorias: uma classe de noções pode ser reconhecida apenas por meio de uma espécie significativa. Mas como se passa deste nível visual elementar para

o segundo nível proposto por Van Hiele, o nível descritivo, onde já existe uma rede de relações geométricas?

Isso só pode ser feito pelo estudo das propriedades das figuras geométricas. Para Van Hiele, esta passagem pode fazer-se quando existe um desacordo de opinião neste nível básico, que surge ou se provoca nos alunos, e que conduz a uma análise que leva a raciocionar no segundo nível. Este processo leva as crianças a pensar sobre a natureza das estruturas que observam no primeiro nível. Por isso, os símbolos desse primeiro nível (símbolos visuais que funcionam como totalidades: “é um quadrado porque é um quadrado, tem essa forma”), têm que ser associados a propriedades. É aqui que o Logo pode desempenhar um importante papel. Para programar uma qualquer figura geométrica é necessário explicitar as suas propriedades. Um quadrado é um quadrado porque tem 4 ângulos de  $90^\circ$ , que se chamam ângulos rectos, e 4 lados iguais. A criança não só manipula estas propriedades mas começa também a descrevê-las, nomeado-as. Podem ainda começar a relacionar propriedades das diferentes figuras geométricas. Por exemplo, observar que um quadrado é um caso particular de um rectângulo, i.e., é um rectângulo com a particularidade de ter os lados todos iguais. No Logo é possível transformar o procedimento Quadrado no de Rectângulo e vice-versa, manipulando directamente as propriedades diferentes. Assim: Para Quadrado REPETE 4 [PF 50 VD 90] Fim ; Para Rectângulo REPETE 2 [PF 50 VD 90 PF 20 VD 90] Fim. Mas estas relações só se tornam claras se o professor apoiar os alunos a estabelecê-las. Na explicitação destas propriedades e relações (feita por meio do trabalho directo da criança com o Logo, sua análise e discussão), os símbolos globais do primeiro nível (visual), vão gradualmente perdendo o seu carácter exclusivo de imagem e adquirindo um conteúdo verbal, o que os torna mais úteis para as operações do pensamento. Parece-nos que é por meio da comparação dos símbolos utilizados num dado contexto e a descoberta das relações entre eles que os seus conteúdos são enriquecidos e a sua aparência continuamente diferenciada. O Logo, pareceu-nos, a mim e às professoras com quem trabalhamos, um bom contexto para iniciar o estudo das propriedades de certas figuras geométricas. Contudo, como veremos na descrição do ambiente de aprendizagem das duas classes de controlo e na análise dos resultados, o Logo, por si só, não apoia os alunos na construção de conhecimento disciplinar



significativo. Só o consegue quando o professor tem esta preocupação e estrutura a aprendizagem nesse sentido. Vamos citar mais um exemplo, retirado do trabalho feito pela professora da C.E., que ilustra esta preocupação. Como dissemos já, as crianças tiveram dificuldades em programar o triângulo equilátero, utilizando o comando REPETE. Se não considerássemos positivamente a aprendizagem construtivista, poderíamos ter simplesmente explicado a fórmula aos alunos e estes limitarem-se a aplicá-la no computador (caso observado numa das classes de controlo). Poderíamos também ter deixado as crianças explorar livremente até encontrarem a solução (o resultado é duvidoso, pois é muito difícil, pelo método da descoberta, perceber que a tartaruga só faz ângulos externos e que o seu valor num triângulo equilátero é de  $120^\circ$ ). Poderíamos ter adoptado esta estratégia durante um certo tempo e depois, em desespero de causa, ensinar como se faz o triângulo equilátero em Logo (estratégia observada na outra classe de controlo). O que fizemos foi aproveitar esta dificuldade natural, para explorar e discutir com os alunos algumas ideias-motor do Logo (nomeadamente a modularidade simples), a de ângulo (e de ângulos internos e externos), e ainda de algumas propriedades dos polígonos regulares.

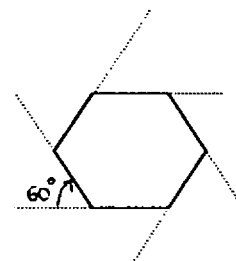
Os alunos já tinham programado o quadrado e o rectângulo usando o comando REPETE e experimentado a dificuldade de programar o triângulo equilátero. Então a professora deu-lhes exercícios para medirem, com o transferidor, o valor dos ângulos externos e internos do Quadrado, do Rectângulo e do Triângulo Equilátero. Os alunos chegaram à conclusão que a soma dos ângulos externos, nos três casos é de  $360^\circ$ . Concluíram ainda que no Rectângulo e no Quadrado a soma dos ângulos internos é também de  $360^\circ$  mas que no triângulo é de  $180^\circ$  (metade de  $360^\circ$ ).

A professora depois introduziu as seguintes questões:

- 1º Qual é a relação entre os ângulos internos e os lados opostos?
- 2º Que acontece ao comprimento dos lados quando os ângulos internos são iguais?
- 3º Quando os ângulos internos são iguais o que acontece aos ângulos externos? Será que também são iguais?

Foi a discussão destas questões e a sua relação com o trabalho feito no Logo que permitiu às crianças perceber e relacionar valores de ângulos internos e externos dos polígonos regulares, de ângulos internos iguais e lados opostos também iguais. Deste modo, quando foi necessário programar outros polígonos regulares (pentágono, hexágono, heptágono, octógono, ...), a determinação do valor do ângulo externo, o processo foi mais fácil e compreensível. Por exemplo: hexágono  $360: 6 = 60^\circ$ , então:

Para Hexágono  
 REPETE 6 [PF 40 VD 60]  
 Fim



## **Ensino de duas estratégias de programação**

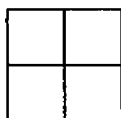
### **Estratégia 'bottom-up'**

Cada par de crianças tinha já programado várias figuras geométricas: quadrados de vários tamanhos, rectângulos, triângulos equiláteros, circunferências e semi-circunferências; o mesmo se passava com pequenos projectos que incluíam a utilização de procedimentos e primitivas. Por exemplo, haviam programado uma Cruz, uma Janela e um Trevo, onde utilizaram os procedimentos escada, quadrado e triângulo anteriormente construídos. Assim:

Para Quadrado  
 Repete 4 [ PF 50 VD 90 ]  
 Fim



Para Janela  
 Repete 4 [ Quadrado VD 90 ]  
 Fim



Para Triângulo

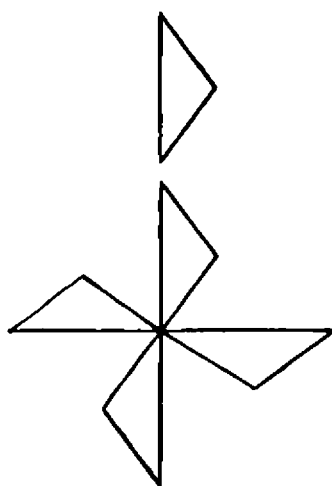
Repete 3 [ PF 100 VD 120 ]

Fim

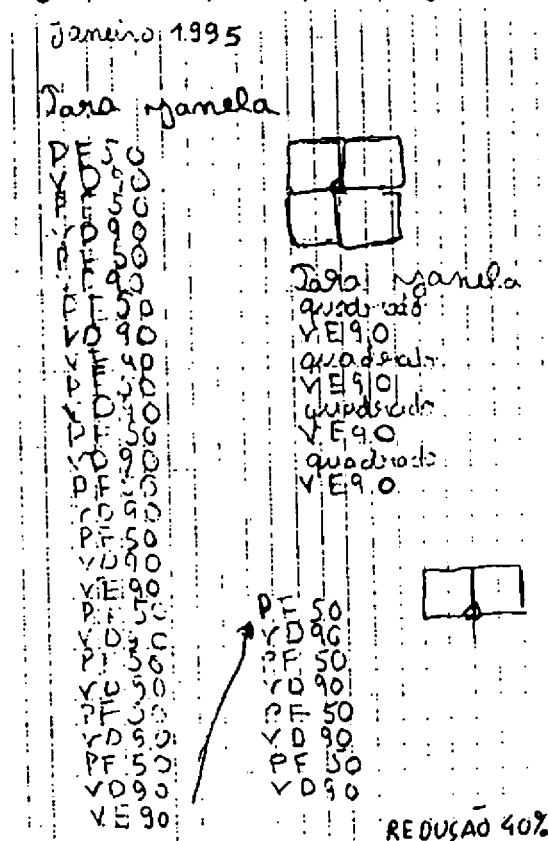
Para Trevo

Repete 4 [ Triângulo VD 90 ]

Fim



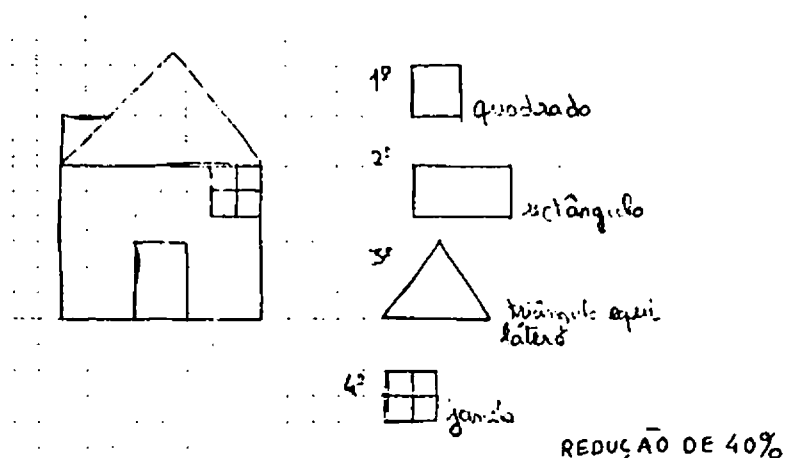
Em baixo, está um plano-registo feito no caderno por um par de crianças durante o processo de aprendizagem do procedimento Janela: utilização de procedimentos e primitivas. Como se pode ver, ainda faltava simplificar o último procedimento, utilizando o comando Repete. É ainda interessante notar que, embora já tivessem programado o Quadrado recorrendo ao comando Repete, regressaram à estratégia passo a passo para programar 4 quadrados.



A elaboração da estratégia de programação consistiu em utilizar os procedimentos já construídos num projecto global chamado CASA.

As crianças aos pares, fizeram:

1º plano na sebenta da CASA que desejavam fazer, tendo como único constrangimento usar os procedimentos já construídos (reutilização de procedimentos). O plano consistiu de um desenho-esboço e sua geometrização (ver na figura abaixo a geometrização feita por um par de crianças).



2º no computador, modificaram os valores dos lados das figuras geométricas programadas para que os valores fossem ajustáveis (modificação de procedimentos); construíram procedimentos de deslocamento e corrigiram-nos; finalmente, elaboraram um projecto global, juntando todos estes procedimentos.

Este foi um trabalho muito exigente mas estimulante para algumas crianças. Para outras foi penoso e mesmo desmotivador. Por isso, decidimos utilizar a estratégia de programação 'top-down' para o projecto CASA (estratégia sugerida pelos trabalhos de De Corte, 1990). As crianças que já tinham programado a CASA com a estratégia 'bottom-up', utilizaram esta estratégia para planificar e realizar projectos à sua escolha. Foi assim que surgiram vários projectos: Palhaço, Templo de Diana, Isqueiro, etc.

Vamos ilustrar esta estratégia com alguns exemplos.

#### Estratégia 'top-down'

Esta estratégia consistiu em duas fases: uma de planeamento estruturado e outra de execução e teste no computador.

Na fase de planeamento, realizada fora do computador, i.e., na sala de aula, em grupos de 2 ou 3 crianças, podemos distinguir três momentos:

1º fazer um desenho, geometrizá-lo em papel quadriculado e decompô-lo nas partes constituintes;

2º construir um diagrama em forma de árvore (estrutura arborescente da programação) no qual o desenho geometrizado foi sub-dividido em blocos de mais fácil programação; este diagrama foi feito segundo a sequência de programação no computador;

3º fazer desenhos separados dos diferentes blocos, indicando para cada um deles o comprimento e o valor dos ângulos e o ponto de partida e de chegada da tartaruga.

É óbvio que o planeamento como actividade metacognitiva ocorreu durante a fase de planeamento dos projectos e permitiu ainda aplicar as duas heurísticas: decomposição dos problemas em sub-problemas mais facilmente resolúveis e construção de uma representação externa dos problemas e da sua solução.

Depois do planeamento estar completo, a fase de execução-testagem no computador começava. Esta actividade envolveu a detecção e correcção de erros.

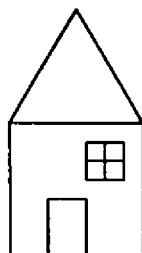
Esta estratégia implicou que cada par de crianças iniciasse o trabalho no computador pelo procedimento mais global (procedimento mãe, como o designaram as crianças), que era afinal o nome do projecto. Seguiram-se os procedimentos abaixo e assim sucessivamente. Verificamos que esta estratégia não foi muito bem recebida por algumas crianças, sobretudo as mais imaginativas e seguras no trabalho com o Logo. Foi-o, no entanto, para as mais inseguras. Permitiu-lhes um produto final de igual qualidade ao dos seus colegas mais avançados. No entanto, tratou-se mais de um 'treino' do que de uma verdadeira aprendizagem. Pareceu-nos (a mim e à professora), que as crianças destas idades não são ainda capazes de compreender e seguir um plano tão detalhado, a não ser que sejam muito apoiadas na sua realização. Por isso, resolvemos adoptar uma estratégia intermédia que consistiu em planificar as duas primeiras fases fora do computador e a terceira já em interacção com o computador. E, de facto, esta estratégia foi bem aceite e compreendida pelas crianças, à semelhança do que tinha acontecido com a 'botton-up', já descrita.

Vejamos alguns exemplos, o primeiro que seguiu a estratégia mais estruturada ('CASINHA') e os outros a segunda, com uma estrutura mais flexível ('TEMPLO DIANA', 'ISQUEIRO' e 'PALHAÇO'). Foi durante a elaboração destes projectos, que a aprendizagem de outros polígonos regulares foi introduzida. Quase no final do ano, e apenas para os grupos mais avançados, foi ainda ensinado o conceito de variável computacional, só aplicada ao Quadrado e ao Rectângulo.

### **PROJECTO "CASINHA"**

#### **PLANEAR** (no caderno)

#### **1º passo:** Geometrização



#### **2º passo:** Decompor a casa nas suas partes constituintes

A CASINHA é composta por duas partes:

**TELHADO** (Triângulo equilátero)

**FRONTARIA** (parte da frente)

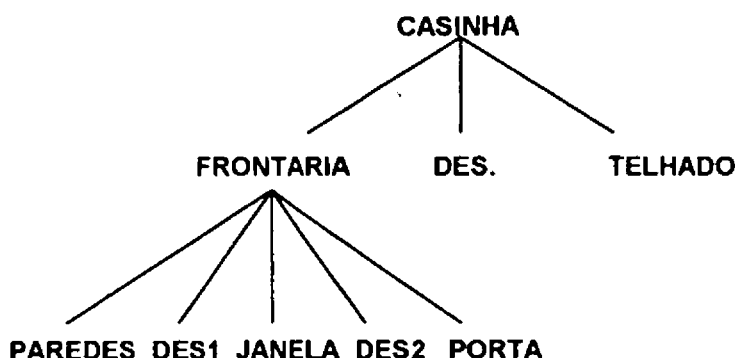
A FRONTARIA é composta por três partes:

**PAREDES** (Quadrado)

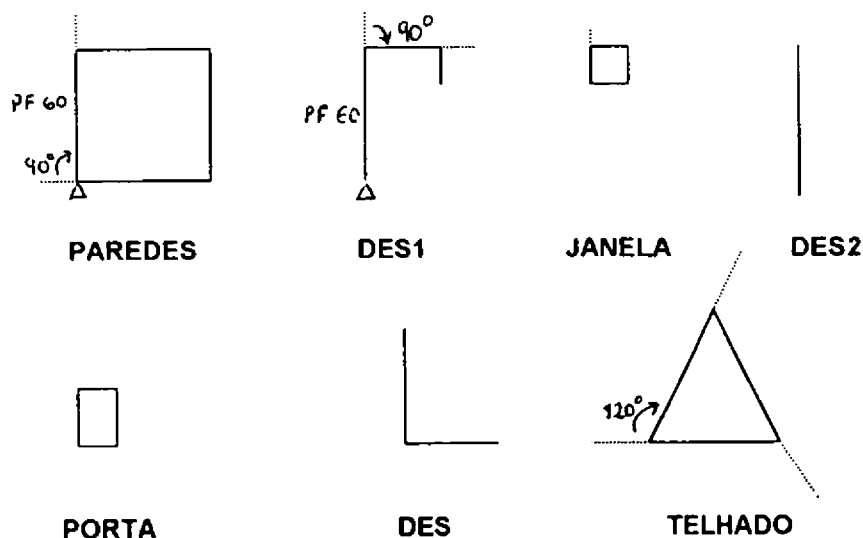
**PORTA** (Rectângulo)

**JANELA**

**3º passo:** fazer um esquema que ajude a ver as partes constituintes da CASINHA e os procedimentos de ligação (deslocamentos) entre as várias componentes



**4º passo:** fazer desenhos separados para cada parte constituinte do projecto CASINHA indicando, para cada parte, o valor dos lados e dos ângulos, bem como o ponto de partida e de chegada da tartaruga



**REALIZAR E CORRIGIR o plano feito (no computador)**

**1º passo: na página de trás programar o procedimento CASINHA, escrevendo**

**PARA CASINHA  
FRONTARIA  
DES  
TELHADO  
FIM**

O computador vai responder que não sabe fazer **FRONTARIA IN CASA**, pois ainda não ensinaram a tartaruga a fazer a **FRONTARIA**

**2º passo: programar FRONTARIA, seguindo o plano feito no caderno. Para isso, escrevem:**

**PARA FRONTARIA  
PAREDES  
DES1  
JANELINHA  
DES2  
PORTA  
FIM**

O computador vai responder que não sabe fazer **PAREDES IN FRONTARIA**.

**3º passo:** vão ensinar a tartaruga a fazer **FRONTARIA** seguindo o plano que fizeram no caderno e corrigindo os erros que forem encontrando.

**PARA PAREDES**

REPETE 4 [ PF 60 VD 90 ]

FIM

**PARA DES1**

LC PF 60 VD 90 PF 35 VD 90 PF 25 VD 180 LB

FIM

**PARA JANELA**

REPETE 4 [ PF 15 VD 90 ]

FIM

**PARA DES2**

LC PT 35 LB

FIM

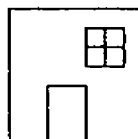
**PARA PORTA**

REPETE 2 [ PF 20 VD 90 PF 10 VD 90 ]

FIM

**4º passo:** vão testar o procedimento **FRONTARIA**, para ver se está correcto. Escrevem, na página da frente: **FRONTARIA**.

A tartaruga, se não existirem erros na programação dos subprocedimentos que constituem o procedimento **FRONTARIA**, fará:



**5º passo:** programar o procedimento **TELHADO** e o procedimento **DES**

**PARA DES**

LC VE 90 PF 35 VD 90 PF 60 LB

FIM

**PARA TELHADO**

VD 30

REPETE 3 [ PF 60 VD 120 ]

FIM

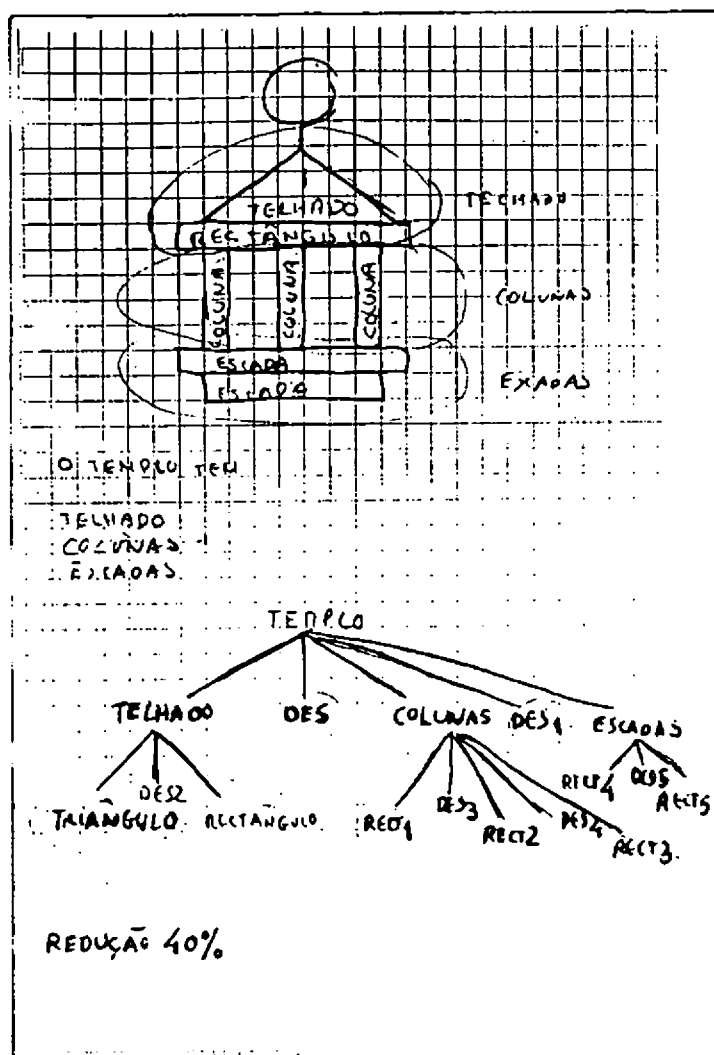


6º passo: podem testar o procedimento CASINHA, escrevendo na página da frente, LENTA e CASINHA. Se não existirem erros nos subprocedimentos que constituem o procedimento CASINHA, a tartaruga fará a casinha desejada. Caso contrário, devem voltar à página de trás e tentar encontrar e corrigir os erros.

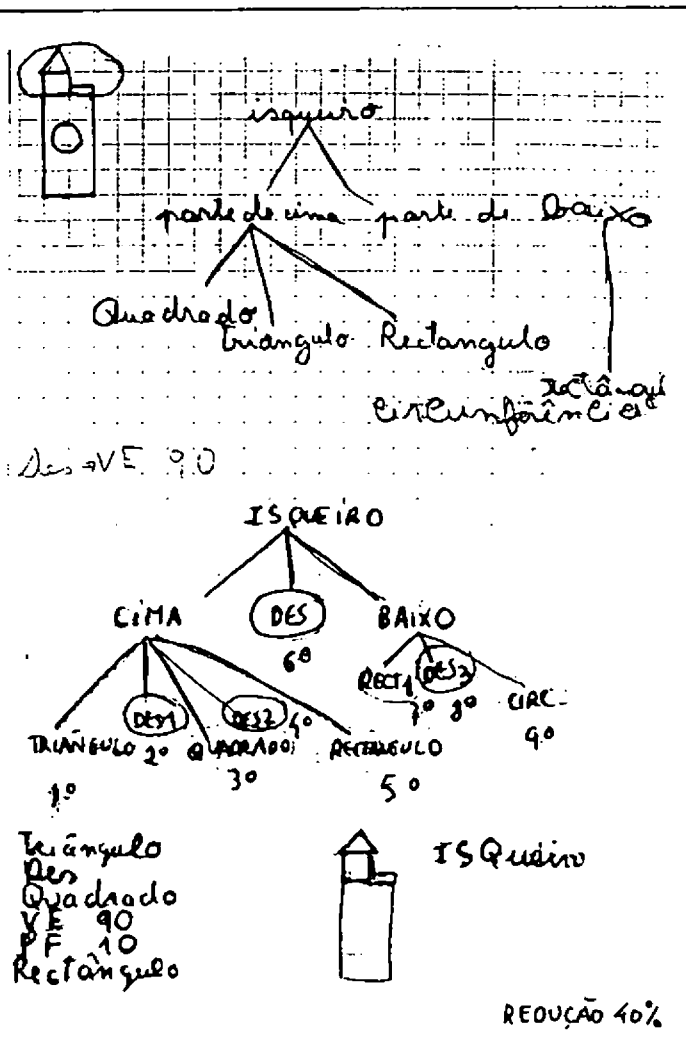
**NOTA:** os meninos que já programaram a CASA com a outra estratégia de programação podem fazer o procedimento BAIRRO, utilizando o procedimento CASA e o comando REPETE mais um procedimento de deslocamento. Tentem descobrir.

Vamos agora apresentar mais algumas planificações de projectos feitas pelas crianças.

### Projecto "TEMPLO DE DIANA"



### Projecto "ISQUEIRO"



1º Passo: Arranjar um monte para o projeto  
Ex: "A Casimira"  
"O Relógio"  
"O Tempo"

2º Passo: Fazer o esboço - Desenho  
1º Esboço  
2º Desenho geométrico

3º Passo: Descompor o projeto em suas partes constituintes

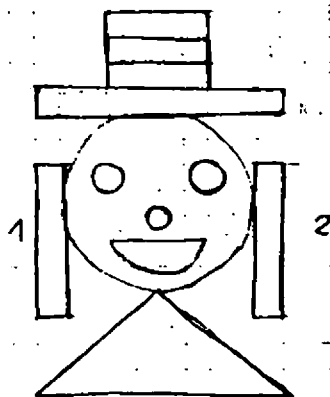
REDUÇÃO 40%

### Projecto "PALHAÇO"

Plano para o Logo



PALHAÇO



REDUÇÃO 40%

O Palhaço é composto por:

busto  
cara  
chapéu

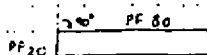
O Chapéu é composto por:

plano (rect1)  
corno (3 rectângulos)

Palhaço

busto des1 cara des2 chapéu

plano (rect1)  
corno (3 rect)

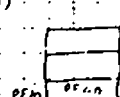


Para (rect1)  
Para Paln  
Repete 2 [PF 20 W 40 PF 90 W 10]  
Fim

Para des2  
LC PF 20 LB  
Fim



Para rect2  
Repete 2 [PF 20 V 90 PF 40 V 90]  
Fim



Para corno  
Repete 2 [rect2 des2]  
Fim

No método de ensino deste programa de LOGO, moderadamente construtivista, tentamos aplicar algumas estratégias de ensino que são consideradas, na recente literatura sobre a aprendizagem pela instrução, adequadas para promover a aquisição de conhecimentos e competências cognitivas, nomeadamente a modelação, o suporte directo, a orientação, a reflexão e a exploração; utilizámos igualmente algumas estratégias que facilitam a aprendizagem do transfer das competências cognitivas ensinadas no contexto da programação: abstracção significativa e descontextualização.

Algumas destas técnicas foram utilizadas ao longo de todo o programa. Outras só durante a aprendizagem das duas estratégias de programação. Vejamos como:

— as estratégias de programação começaram por ser demonstradas no quadro (fase de planificação) e no computador (fase de execução) pela professora, com o apoio da investigadora. Esta demonstração levou as crianças a construir um modelo conceptual dos passos e processos requeridos para completar a tarefa (modelação);

— depois cada componente das estratégias foi ensinada e praticada separadamente. Nesta fase foi utilizado o suporte directo pela professora e pela investigadora, quer dizer, era dado um apoio directo aos alunos nas partes dos projectos que não conseguiam realizar independentemente;

— em seguida, a cada criança foi dada a oportunidade de praticar ambas as estratégias, trabalhando em pequenos projectos em grupos de dois ou três (exploração);

— os alunos eram levados a reflectir sobre os procedimentos usados e os erros cometidos e a nomear as competências cognitivas, articulando-as;

— a abstracção significativa e a descontextualização das competências cognitivas aprendidas na actividade de programação foi feita identificando outras tarefas em que os alunos usavam a planificação, a decomposição, a representação externa e a correcção de erros como, por exemplo, no projecto que estavam a desenvolver na área escola ou quando organizavam uma festa de anos. Foram ainda dados exemplos de profissões que usam predominantemente cada uma destas competências, utilizando “figuras” (sugeridas pelos trabalhos de Clements e Merriman, 1988), fazendo discussões em grupo e relacionando cada competência representada com as fases do trabalho desenvolvido pelas crianças. Por exemplo, durante a planificação dos projectos, a professora chamava a atenção dos alunos para as figura do

'arquitecto' (planificação), do 'professor' (representação externa), e do 'homem do talho' (decomposição); durante a execução no computador, quando surgiam erros, a professora apelava ao cartão do 'mecânico' (delecção e correcção de erros) para lembrar aos alunos que era necessário detectar e corrigir os erros (ver figura 5-2: cartões utilizados).

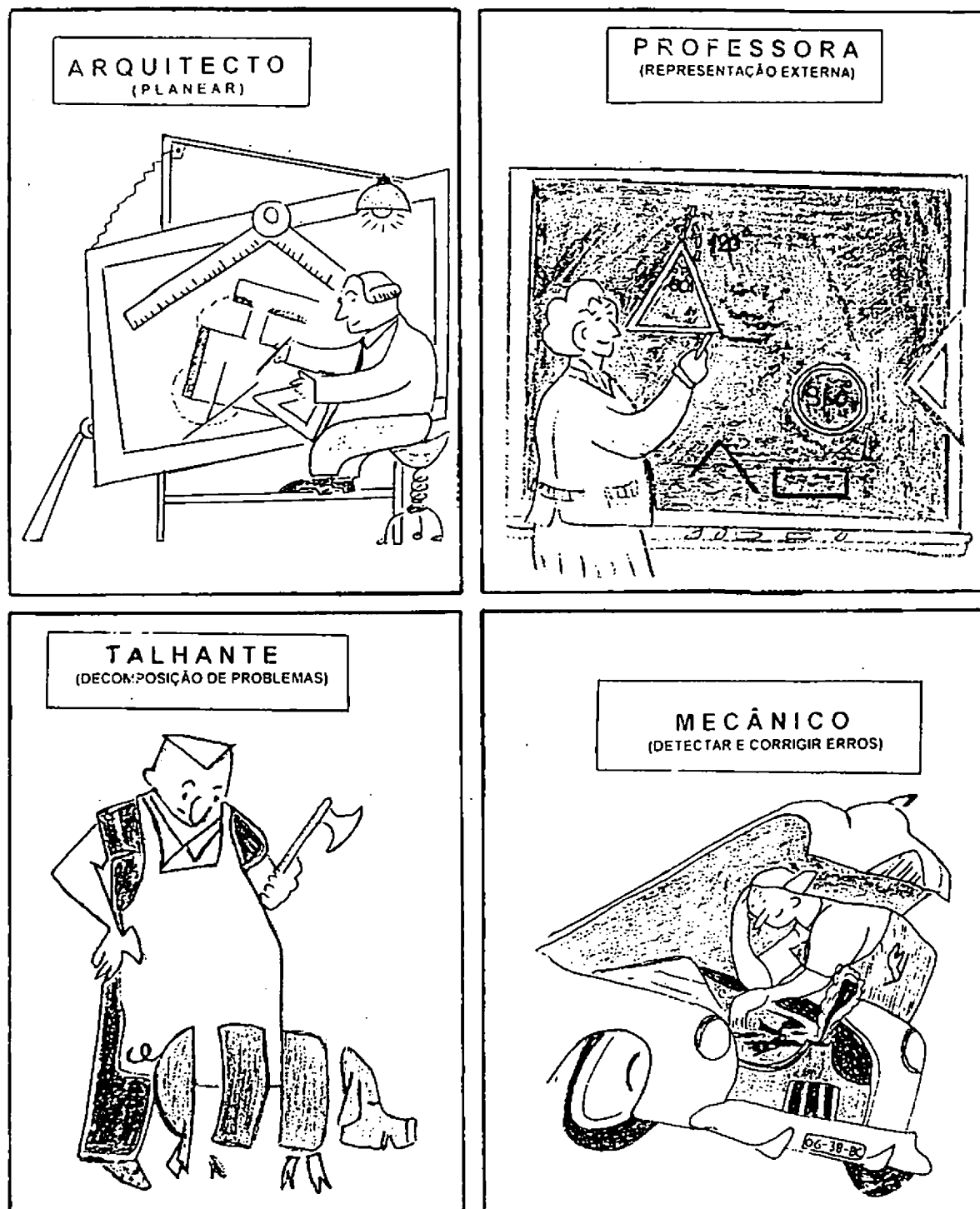


Figura 5-2: cartões que representam as quatro competências cognitivas ensinadas: planear, representação externa, decomposição de problemas e detectar/corrigir erros (redução de 40%).

As crianças da C.E. utilizaram ainda, no contexto das actividades curriculares, outros programas informáticos, cuja aprendizagem se tinha iniciado no ano anterior ao trabalho experimental (ano lectivo de 1993/94): um processador de texto (Clariswork), programa de desenho (KidPix), programa multimédia (Hypercard) e vários programas de jogos educativos. Para um pequeno grupo de crianças mais interessadas, fora do contexto das actividades curriculares, foi ainda introduzido o Lego-Logo. O mesmo aconteceu com as das duas Classes de Controlo. Contudo, no ano lectivo em que se realizou a experiência (1994/95), as crianças das três classes utilizaram preferencialmente o LogoWriter.

Passaremos seguidamente a descrever os ambientes de aprendizagem das duas Classes de Controlo (C.C.1 e C.C-2).

## **Ambientes de aprendizagem nas duas Classes de Controlo (C.C.1 e C.C.2)**

Os ambientes de aprendizagem do Logo nas duas C.'s C., embora diferentes entre si (nomeadamente no tipo de estratégias de ensino usadas pelas professoras e interacções que mantinham com os alunos), tinham algumas características comuns, que os diferenciavam do existente na C.E. Entre elas salientamos:

- presença e apoio de um membro da equipa técnica em quase todas as sessões;
- a não existência de suportes escritos dados aos alunos em cada sessão;
- trabalhava-se individualmente, muitas vezes com a turma dividida em dois sub-grupos: um que trabalhava nos computadores e outro em tarefas escolares regulares;
- não se faziam registos escritos dos trabalhos realizados com o Logo e não se planificavam as actividades;
- o Logo foi apenas utilizado como um meio para aprender algumas noções do programa de geometria; o programa de ensino do Logo consistiu na construção de alguns polígonos regulares.
- as professoras não planearam regularmente as actividades a realizar nos computadores.

Como vemos, estas duas professoras, viram no Logo um meio de ensinar conteúdos curriculares. Utilizaram-no sobretudo para atingir estes objectivos. A preferência das professoras pelo trabalho individual, sobretudo a da C.C.2, foi justificada do seguinte modo: *“toma-se difícil acompanhar uma turma inteira a trabalhar em simultâneo nos computadores; as dúvidas são muitas e o barulho que se gera é grande”*. Adoptaram a estratégia de dividir a turma ao

meio: metade trabalha num dos dias da semana destinado aos computadores e a outra metade no outro. Estas duas professoras, sobretudo a da C.C.2, não eram apologistas do trabalho aos pares, pois a criança que está sem manipular o computador aborrece-se e perturba o trabalho da outra. De facto, o trabalho em grupos de duas crianças, como foi utilizado na C.E., implica uma cuidada constituição dos pares, uma clarificação do trabalho de cada elemento e rotatividade de funções. Obriga ainda o professor a reflectir com os alunos as vantagens do trabalho em grupo e a complementaridade de funções. E sempre que um problema surge entre as crianças, deve ser discutido com elas. É um sistema mais exigente para o professor mas tem vantagens para os alunos, desde que, em cada sessão, cada grupo saiba qual é o seu papel. As interacções são frequentes, não só entre o par de crianças que está a trabalhar num computador, mas entre este e os que estão próximos. A troca de ideias e de estratégias de solução dos problemas apresentados pela professora foi uma constante do ambiente de aprendizagem na C.E. O trabalho individual privilegiado nas duas C.'s C., embora mantendo um 'clima disciplinar' mais rigoroso, i.e., sem 'burburinhos' na sala, conduzia as crianças a um trabalho mais solitário (criança – computador e pedido de apoio ao professor ou membro da equipa técnica, quando surgia um problema). Nestas duas classes as crianças solicitavam menos os adultos do que as da C.E. Nesta, pedia-se com mais frequência apoio aos adultos mas também aos colegas; aliás, verificámos que as crianças tinham tendência a solicitar primeiro o auxílio dos colegas próximos e só depois o dos adultos. A professora, nas sessões de interacção directa com o computador, colocava-se mais no papel de catalisador (*coaching*) e de suporte directo (*scaffolding*) às dúvidas e problemas que observava ou eram levantados pelos alunos. Nas classes de controlo o professor ou funcionava como um orientador directo do trabalho das crianças com o Logo ou como um observador distanciado, que tirava dúvidas quando solicitado. No entanto, a professora da C.C.1 privilegiava o método expositivo para toda a classe, seguido da realização individual das primitivas/conceitos expostos. A da C.C.2 tinha tendência a preferir o método pela descoberta, i.e., as crianças exploravam mais livremente as primitivas da linguagem. Nunca vimos esta

professora a dar uma 'lição Logo' para toda a classe. Quando era necessário, era o membro de equipa técnica presente que desempenhava essa tarefa.

(A partir de agora, para facilitar a leitura, designaremos o método usado pela professora da C.C.1 de método estruturado, centrado no professor, e o método usado pela professora da C.C.2 de método exploratório, centrado na criança).

Para se compreender melhor as diferenças de método de ensino e estratégias usadas nas duas C.'s C., vamos transcrever os registos de algumas observações efectuadas. **Começamos com a C.C.1. (método estruturado).**

#### Registo do início do ano – 3<sup>a</sup> sessão Logo

**9:45 h** É a primeira aula da manhã na sala dos computadores. Estão presentes 18 crianças (ainda não chegaram todas). Sentam-se em frente dos computadores. Estes estão desligados. Existem crianças que ainda não sabem ligar o computador. A professora repara e diz, dirigindo-se a toda a turma: *"Não posso admitir que ao fim de um ano de computadores os meninos não saibam ligar os computadores ..."*

(...)

A turma está calma e sossegada, sem barulho no ar.

A maioria das crianças abre o Logo sem dificuldade e uma nova página e não a sua pasta.

A professora diz: *"Porquê nova página, deviam ter ido ver o que já tinham feito"*.

Estou perto do computador de duas crianças, mas só uma é que está presente. A outra chegaria mais tarde. A pasta dos trabalhos Logo foi gravada como V.T. 4°C, que são as iniciais dos nomes das duas crianças e a turma a que pertencem (sugestão adoptada com todos os grupos, de todas as classes).

A professora aproxima-se da criança presente, que tinha aberto uma nova página e diz: *"Então Vítor, deve ser este o teu trabalho V.T. 4°C ... Não sabes abrir o teu trabalho? Não se admite, ao fim de tanto tempo ... os computadores não são para brincar ..."*.

A professora vai depois de computador em computador abrir ou ajudar as crianças a abrir as pastas onde estão os trabalhos de Logo.



Depois de cada criança ter a sua pasta aberta, aguardam pelas instruções da professora.

**10 h** A professora, em frente ao quadro e para toda a turma, diz: *“Toda a gente já tem para rectângulo? Então quem não tem o rectângulo vai pensar ...”*

*[As crianças andam a aprender a fazer figuras geométricas – os polígonos regulares – que fazem parte do programa de matemática. Começaram pelo quadrado e agora estão a tentar fazer o rectângulo]*

Professora (para toda a turma): *“ Para quadrado o que é que os meninos gravaram, digam lá?”*

As crianças ficam em silêncio.

A professora, em frente ao quadro, continua: *“Toda a gente gravou para Quadrado?”* e vai escrevendo no quadro: Para Quadrado

Repete 4 [ PF 50 VD 90 ]

Fim

.....

João: *“Rita (professora) não era 50, era 70”*

Professora: *“Depende. Uns deram 50, outros 70, outros ...”*

A professora continua perto do quadro a explicar. Algumas crianças parecem ansiosas por começar a trabalhar com o computador.

Professora: *“Agora podem gravar Para rectângulo. Quem não fez? Foi o segundo grupo que não veio cá?”*

*[O segundo grupo é uma parte da turma. Hoje a turma veio completa, mas até esta sessão e depois dela, a turma foi, geralmente, dividida em dois sub-grupos].*

A professora continua: *“Vá lá. A tartaruga vai repetir ...”*

Algumas crianças: *“quatro”*

A professora aguarda um pouco e diz: *“Será que está bem? Não. Para rectângulo, repete dois a dois. Vá lá”.*

As crianças ficam em silêncio

A professora continua: *"Vamos primeiro fazer passo a passo. Vá. Vai dizendo as instruções e escrevendo no quadro: PF 30 VD 90 PF 50 VD 90 ... Não termina o procedimento. Agora terminem e gravem este procedimento"*.

As crianças olham para o quadro e copiam o que a professora acabou de escrever. Vitor, uma das crianças de quem estou próxima, tenta copiar o procedimento escrito pela professora.

A professora aproxima-se e diz: *"Vá, Vitor, pense. Não é preciso copiar tudo..."*

Vitor tinha copiado PF 30.

Professora: *"E agora o que é que a tartaruga tem que fazer?"*.

Vitor: *"Virar para a direita"*.

A professora afasta-se e vai observar o que as outras crianças estão a fazer.

São 10, 10h e estão presentes 21 crianças. A professora deixa as crianças a fazerem o seu trabalho e sugere-lhes para utilizarem o comando Repete em rectângulo. *"É o trabalho para hoje"*.

Observo um par de crianças (dois rapazes) que estão a tentar programar o rectângulo.

Na página de trás dão as instruções para rectângulo, com alguns erros:

Para rectângulo

Repete 4 [PF 70 VD 90 PF 90]

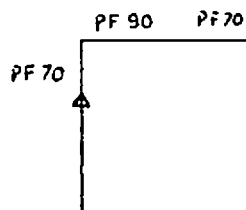
Fim

Passam para a página da frente e escrevem Para rectângulo. O computador dá uma mensagem de erro: *"Não sei como usar Para como comando"*.

A professora que estava perto, corrige o erro: apaga a instrução 'Para' e vai observar outros trabalhos. A tartaruga faz o rectângulo programado, assim: PF 90 PF 70 70

Este procedimento faz um Quadrado grande.

*[Existem erros, pensamos que induzidos pela aprendizagem anterior do procedimento quadrado]*



As crianças tentam corrigir para Repete 4 [PF 30 VD 90 PF 70]. Os erros continuam.

A tartaruga faz na mesma um Quadrado, só que mais pequeno.

Pergunto: *"Não será que estão a fazer um quadrado?"*. Peço para porem a tartaruga em modo lento e escreverem Rectângulo, para poderem ver a tartaruga a executar as instruções dadas. Assim: Lenta Rectângulo.

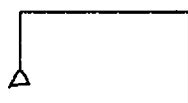
Entretanto duas meninas, Diana e Manuela, estão em pé a observar o trabalho de outras duas crianças. A professora diz: *"Diana e Manuela, vão para baixo. Desligam o computador e vão para a aula. Quando chegar lá baixo vou perguntar à Marília como se portaram"*. As duas crianças obedecem.

Continuo a observar o mesmo par de crianças. Tinham corrigido o procedimento para:

Para Rectângulo

Repete 2 [ PF 30 VD 90 PF 60 ]

Fim



Nesta altura intervenho de novo. Dou-lhes uma folha de papel e peço-lhes para escreverem no papel as instruções dadas e o efeito produzido; peço-lhes ainda para associarem cada instrução ao seu efeito e para desenharem um rectângulo completo. No final, uma criança diz: *"Já percebi"*. Vão ao antigo procedimento e corrigem os erros.

André (uma das crianças diz eufórica): *"consequimos"*.

As duas crianças ao lado: *"Como fizeram?"*

André responde: *"Já me esqueci"* (propositadamente não os quis ajudar).

Eu: *"André, porque não os ajudas?"*

André: *"Não sei. Agora posso fazer experiências?"*

Eu: *"Pela minha parte podes, mas é melhor perguntar à Rita – professora"*

André (sem dizer nada à professora): *"ai que bom"*, e começa a experimentar comandos e a produzir vários efeitos (no modo directo).

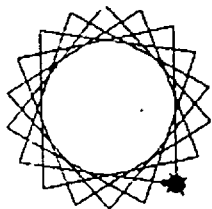
Vou observar outro par de crianças.

A aula está quase a terminar. A professora está ao fundo da sala a conversar com o técnico presente. As crianças estão sozinhas, i.e., sem apoio, a tentar programar o rectângulo. Este par de crianças tinha programado o rectângulo passo a passo, continuando o procedimento inicialmente começado pela professora no quadro. Existem alguns erros. Incito-os a corrigirem os erros. Corrigem até dar o efeito desejado, apesar de existir uma instrução a mais. Chamo-lhes a atenção mas, como o efeito final era um rectângulo, não se mostram muito interessadas em corrigi-lo.

Tenho ainda tempo de observar o que outro par de crianças estava a fazer (Pedro e Sebastião).

Tinham já programado o Rectângulo e estavam a terminar as seguintes instruções (no modo directo): Repete 90 [PF 89 VD 89]. O efeito é bonito: é uma flor feita de 22

quadrados e meio quase sobrepostos, com uma rotação para a direita de apenas um grau.



André, ao lado, copia estas instruções e pergunta: *"Posso pôr Para Maça e não fazer nenhuma maçã?"*

Eu: *"Sim"*.

André: *"lauuu"*.

Aconselho o Pedro e o Sebastião a escreverem o procedimento na página de trás, modo ensinar, para não se perder.

Eu: *"Que nome vão dar?"*

Sebastião: *"Pneu"*.

Pedro: *"Sol"*

Sebastião: *"Está bem, Sol"*.

Passam para a página da frente e peço-lhes que mandem a tartaruga executar o procedimento Sol em modo lento.

Sebastião: *"Eina, ela vai repetir 90 vezes lenta"*.

**10:30h** A professora pergunta, dirigindo-se a toda a turma: *"Toda a gente gravou Para rectângulo?"*.

Crianças: *"Sim, simmm"*.

André: *"Podemos ir ao circo-louco?"*

Eu: *"Isso devem perguntar à professora"*.

Pedro: *"É muito giro"*

*[O circo-louco é um programa de que as crianças gostam muito, pois está próximo dos jogos. É um programa de exploração de percursos, onde existem três ou quatro personagens que vão fazendo coisas conforme se clica em determinados sítios].*

**10,35h** - A professora diz aos alunos para saírem do programa.

Sebastião: *"Podemos ir ao circo-louco?"*

Professora: *"Não, agora vão embora"*.

**10:40h:** as crianças saem.

Excerto de um registo após férias do natal (início do 2º período)

A turma está dividida ao meio: metade da turma ficou na sala (a fazer trabalhos dados pela professora) e a outra metade está na sala dos computadores. Estão presentes 6 raparigas e 5 rapazes.

9:50 h As crianças estão a abrir as pastas.

Professora: *"Vitor, que está a fazer? Explique-me lá para eu entender. Eu quero que trabalhem na página de trás, para ficar gravado ... Os meninos já fizeram Para Quadrado e para Rectângulo. Hoje vamos aprender a fazer os triângulos equilátero e rectângulo. [Desenha no quadro cada um dos triângulos]. Aponta para o triângulo equilátero e para a posição inicial da tartaruga e pergunta: "O que tem de fazer primeiro a tartaruga?"*

Crianças: *"Andar para a frente"*

Professora: *"Antes de andar para a frente tem de virar. Quanto tem de virar. Vá lá, pensem. Já têm a noção de ângulo, já têm a noção de amplitude, já têm a noção de triângulo".*

As crianças ficam em silêncio. Então a professora aponta para o triângulo rectângulo e pergunta: *"Esta figura o que é?"*

Crianças: *"É um triângulo"*

Professora: *"Mas este tem um nome específico ... que nome ... como se chama?"*

As crianças ficam em silêncio.

Professora: *"Vá lá, como se chama este triângulo que tem um ângulo recto?"*

Uma criança: *"É um triângulo recto"*

Professora: *"Não é bem. É um triângulo rectângulo"*

A professora continua a explicar as propriedades do triângulo rectângulo. As crianças estão com atenção.

Professora: *"Bem, hoje, como já não temos tempo para programar os dois triângulos, quero que comecem com o triângulo rectângulo, que tem um ângulo recto. Quero que os meninos, por tentativas, cheguem á descoberta do valor do ângulo ... (continua). Que ângulos é que já estudaram?"*

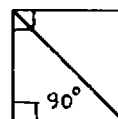
Vitor: *"Recto, agudo e obtuso"*

Professora: *"Este aqui (aponta para um dos ângulos agudos do triângulo rectângulo) é um ângulo ...?"*

Vitor: *"É um ângulo agudo"*

Professora: *"E qual é o valor deste ângulo agudo?"*

As crianças ficam em silêncio e a professora completa o triângulo rectângulo, fazendo um quadrado e assinalando metade do ângulo recto. Assim:



Pergunta directamente a uma das crianças: *“Vitor, que valor tem este ângulo?”*

A criança não responde e parece nervosa. Há quatro crianças com o braço no ar a pedir para intervir, pois sabem responder à pergunta. No entanto, a professora quer que seja o Vitor a responder. Dá-lhe um certo tempo. Finalmente responde: *“É de 45°”*.

A explicação continua. A professora refere, pedindo a colaboração das crianças, a soma dos ângulos internos de qualquer triângulo e em particular do triângulo rectângulo. Refere ainda que a tartaruga faz os ângulos externos mas não diz qual o valor de cada ângulo externo, no caso do triângulo rectângulo. Termina a explicação dizendo: *“Bem, agora quero que pensem e que programem o triângulo rectângulo”*.

**10:15h** As crianças podem agora trabalhar com o Logo. A professora vai observando o que cada criança está a fazer. Uma das crianças ainda não tinha programado o rectângulo; só tinha programado o quadrado passo a passo e usando o comando Repete. A professora diz: *“Parece impossível. Ainda não fizeste quase nada. Vens para os computadores para brincar. Assim não vale a pena. Vá, tente fazer o rectângulo”*. Afasta-se e vai observar outras crianças.

Fico a observar esta criança. Não consegue fazer o rectângulo. Intervenho e peço-lhe para desenhar um rectângulo numa folha e para atribuir valores a cada lado e a cada ângulo. Depois peço-lhe para escrever as instruções Logo no papel e vou-a apoiando.

Assim:

Para rectângulo

PF 40 VD 90 PF 80 VD 90 ....

Fim

Seguidamente digo-lhe para contar o número de vezes que cada sequência igual de instruções se repete. A criança fá-lo sem grandes dificuldades. Deste modo, esta criança, conseguiu programar Rectângulo passo a passo e usando o comando Repete.

Entretanto, a professora foi à sala, ver o que se passava com a outra metade da turma. As crianças ficam sozinhas a tentar programar triângulo rectângulo. Vão

tentando, passo a passo, por tentativa e erro. Duas conseguem fazê-lo, mas as restantes não.

São 10:35h A professora chega e diz que devem sair do programa e voltar para a sala. Refere ainda que quem não terminou o trabalho proposto, o fará na próxima sessão.

As observações realizadas nesta classe (que reproduzimos apenas dois excertos), permitiram-me perceber que esta professora privilegiava um método de ensino do tipo expositivo para toda a classe, seguido de prática individual pouco acompanhada pela professora. Quer isto dizer que, a professora expunha a lição, utilizando o quadro e pedindo a colaboração dos alunos e depois deixava cada criança a resolver o exercício proposto, dando pouco suporte directo. Verificamos que muitas crianças tinham dificuldade em resolver no Logo as propostas, embora tivessem percebido as lições. De facto, as explicações do professor (que são importantes para os alunos construírem um modelo mental da tarefa e direccionarem a aprendizagem) não substituem a explicação/ feedback individualizado (*coaching*) e suporte directo (*scaffolding*). Estas duas estratégias de ensino são fundamentais para apoiar os alunos a aprender e são usadas com certa frequência, pelos bons professores, como pudemos observar na C.E. Parece-nos que neste aspecto, os seres humanos são mais capazes do que as máquinas de fornecer este apoio selectivo. Contudo, como observámos nesta e também na outra classe de controlo, nem todos o são capazes de fazer de fazer no devido tempo e de forma estimuladora.

Os trabalhos efectuados pelas crianças desta classe eram muito similares. Todas programaram, passo a passo e utilizando o comando Repete, as mesmas figuras geométricas: quadrado, rectângulo, triângulo rectângulo, triângulo equilátero, hexágono e octógono (ver anexo XVI2: exemplos de trabalhos realizados pelas crianças da C.C.1, pp. 279-282). A programação de projectos mais complexos como, por exemplo, CASA, que englobassem a utilização de vários procedimentos não foi feita nesta classe. O mesmo aconteceu com as crianças da C.C.2; contudo, a programação de polígonos regulares foi menos

sistemática, i.e., nem todas programaram os mesmos polígonos e algumas não utilizaram o comando Repete.

**O ambiente de aprendizagem da C.C.2**, embora em muitos aspectos similar ao da C.C.1, diferenciava-se pelo maior grau de liberdade dado às crianças na exploração das primitivas e conceitos básicos do Logo. Como antes referimos, designamo-lo de ambiente exploratório, centrado na criança, não só para o distinguir do ambiente da C.C.1, mas ainda porque nos pareceu que a professora se identificava com esta 'filosofia' educativa'.

Vejamos três excertos de observações: uma realizada no início da aprendizagem e as outras duas a meio do ano lectivo.

#### **1ª observação – 3ª sessão Logo**

A turma é dividida em duas partes: metade está na sala de aula a fazer um exercício de matemática e a outra na sala dos computadores. Segundo o horário, a aula deveria ter começado às 10:20, mas como as crianças tiveram *atelier* de pintura no tempo lectivo anterior, a aula só se iniciou às 10:30. Estão presentes 10 crianças.

**10:30h** Cada criança trabalha no seu computador. Nesta classe, mais do que na C.C.1 privilegia-se o trabalho individual. As crianças estão calmas, não há nenhum barulho no ar, não há grande excitação ou entusiasmo.

Cada criança começa a abrir o programa Logo e a sua pasta, que está identificada com o nome e a classe. A professora acompanha este trabalho inicial, dando instruções individuais, quando é solicitada pelas crianças ou quando observa que alguma delas está num impasse (circula de computador em computador). Não consegui perceber qual era o trabalho pedido às crianças nesta aula, pois nenhuma explicação geral lhes foi dada. Percebi sim, durante a observação, que cada criança estava a tentar programar uma figura geométrica diferente: algumas o rectângulo, outras o triângulo equilátero e três a circunferência. Já tinham todas programado o quadrado no modo ensinar, algumas utilizando o comando repete. A professora, depois de abertas as pastas dá indicações a cada criança do que deve tentar fazer. O membro da equipa técnica não está presente, só chegaria a meio da aula. As interacções entre as crianças, quando a professora está presente, praticamente não existem o mesmo não se passando quando a professora sai da sala para acompanhar o outro grupo que ficou na sala a fazer o exercício de matemática. Nesta ocasião (a



professora saiu durante 12 minutos) as crianças conversam, levantam-se para ver os trabalhos uma das outras, dão sugestões *"olha anda ver como eu já consegui fazer o triângulo"* ...

Depois de dadas as instruções a cada criança (o que deve fazer), a professora coloca-se num papel de apoio quando solicitada ou quando observa que algum aluno está num impasse que não consegue ultrapassar sozinho. O membro da equipa técnica presta auxílio quando este lhe é pedido. Entretanto, está num dos computadores a fazer um trabalho pessoal. As intervenções, quer da professora, quer do membro da equipa técnica, são directamente relacionadas com a dificuldade que cada criança tem. Por exemplo, se surge uma mensagem de erro, a professora ajuda a criança a detectá-lo e a corrigi-lo. Não vai mais além disso. Se a criança está na página da frente, diz-lhe para trabalhar na página de trás. Depois cada uma explora livremente.

Sento-me entre duas rapazes (José e Manuel), cada um a programar no seu computador.

José abriu o Logo e a sua pasta com segurança. Reconhece o lado de frente e o lado de trás da página. Tem um quadrado feito em modo ensinar, onde utilizou o comando Repete, e um rectângulo em modo directo, feito passo a passo. Peço-lhe para mandar a tartaruga executar o quadrado que ele lhe tinha ensinado a fazer e ele repete tudo, agora no modo directo. Intervenho dizendo-lhe que é suficiente escrever 'Quadrado' na zona de comandos. José fica contente por não ter que escrever tudo de novo.

Manuel, que está do meu lado esquerdo, também já tem o quadrado programado. Como o José, quando lhe peço para fazer o quadrado, faz tudo de novo. Contudo, não distingue modo ensinar (página de trás), de modo fazer (página da frente).

A professora tinha-lhes dito para fazerem o rectângulo.

Manuel, na página da frente escreve: REPETE 4 (PF 50 VD 90 PF 30).

O computador responde: "Não sei fazer 4".

Manuel muda o 4 para 2 e o computador dá de novo a mensagem de erro: "não sei fazer 2".

Pergunto: *"o que queres fazer?"*

Manuel: *"um rectângulo, a Joana (professora) disse para eu fazer um rectângulo"*.

Apoio o Manuel a detectar o erro. No modo directo não se pode deixar espaço entre o número de repetições, neste caso 4, e o parêntesis; os parêntesis devem ainda

ser rectos e não curvos, por isso, ensino o Manuel a fazer parêntesis recto. Deixo o Manuel a tentar fazer o rectângulo e observo o que faz o José.

José tinha escrito, na página da frente RECTÂNGULO

REPETE 4[PF 50 VD 90]

Sendo este o procedimento para quadrado.


Na página de trás tinha PARA RECTÂNGULO

REPETE 2 [PF 50 VD 90 PF 50 VD 90]


FIM

De novo é um procedimento para realizar um quadrado, apesar de existir uma evolução.

Observo o que tenta fazer. Na página da frente escreve RECTÂNGULO e vê que a tartaruga faz um quadrado. Fica desiludido. Muda de REPETE 2, para REPETE 4. O resultado é o mesmo. Não consegue sair do impasse. Intervenho: “José, *desenhe aqui no meu caderno o rectângulo que quer fazer*”.

José faz: 

Pergunto-lhe se quer fazer o rectângulo ao alto, conforme desenhou, ou se quer fazer na horizontal. José diz que quer fazer na vertical, conforme desenhou. Peço-lhe para voltar ao procedimento anterior e para tentar detectar os erros. Não consegue. Digo-lhe para traçar com o lápis por cima do rectângulo desenhado no papel à medida que vou ditando as instruções dadas por ele. Com esta simulação percebeu de imediato o erro (disse “já percebi, já sei”) e corrige o procedimento.

Entretanto o Manuel tenta fazer o triângulo. Diz: “*Aqui é repete 1?*”. Permaneço calada. Continua: “*Também dá para repete 2?*”. Digo: “*Manuel, porque dizes repete 1 e repete 2?*”. Manuel: “*Nós fizemos o rectângulo, e o rectângulo só tem ...*”. Cala-se e fica a pensar. Peço-lhe para desenhar no meu caderno o raciocínio dele. Faz  e diz “isto é, só repete 1”.

Digo: “*sim, este procedimento é metade do procedimento rectângulo. E depois? O que queres fazer?*”

Manuel: “*Um triângulo*”

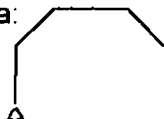
Não intervenho mais. Deixo-o a fazer tentativas e continuo a observar o José.

São 10:50h A professora sai da sala e vai apoiar o grupo que ficou na sala de aula. As crianças ficam sozinhas.

José está a tentar fazer o triângulo. Enquanto eu conversava com o Manuel, ele esteve muito atento. Faz, na página da frente: Repete 4 [PF 120 VD 90], que faz um quadrado.

Não intervenho.

Regresso ao Manuel. Tinha feito, também na página da frente: Repete 2 [PF 50 VD 45 PF 50 VD 50], que dá a seguinte figura:



São 11h A professora regressa à sala. Ao entrar diz: *“eu vinha nas escadas e ouvi vozes”*. As crianças que estavam a ver os trabalhos dos outros, regressam silenciosamente aos seus lugares.

A professora conversa em voz baixa com o membro da equipa técnica. As crianças estão sozinhas a fazer os seus trabalhos.

Entretanto, o José tinha conseguido fazer o triângulo, por tentativa e erro. Na página da frente tinha dado as seguintes instruções: Repete 4 [PF 90 VD 120], apesar da tartaruga repetir instruções desnecessárias.



Este triângulo está feito em modo directo, i.e., não está programado.

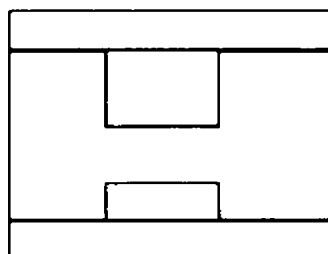
Peço ao José para passar este procedimento para o modo ensinar (página de trás).

José faz o seguinte: Para Triângulo

Repete 4 [PF 120 VD 90]

Fim

que faz um quadrado (volta ao procedimento primeiramente construído), produzindo o seguinte efeito (o comprimento do lado era grande e a tartaruga sai do ecrã e volta a aparecer do outro lado):



José diz: *“Agora não deu”*.

Explico sucintamente ao José o porquê deste efeito: *"é como se o ecrã fosse um 'cilindro', pois estamos a trabalhar com o Logo em Modo Rolamento (WRAP)"*. José muda o valor do lado para 90. O efeito é um quadrado. Apoio o José a detectar o erro. Detecta-o e corrige-o depressa. Chamo ainda a sua atenção para a instrução a mais, pedindo ao José para mandar a tartaruga executar Triângulo lentamente. José apercebe-se logo do erro e corrige-o prontamente. Fica: Para Triângulo

Repete 3 [PF 90 VD 120]

Fim

São 11:10 h A professora sai com as crianças. A aula terminou. Fico com o José e o Manuel, pois eles querem continuar um pouco mais. A professora não se opõe. São só alguns minutos de intervalo perdidos (10').

O Manuel está agora a tentar fazer a circunferência em modo ensinar. Tinha feito:

Para Circunferência

Repete 300 [PF 5 VD 4]

Fim

Que produz o efeito de uma circunferência, pois os passos da tartaruga são muito pequenos; no entanto, a tartaruga passa pelo mesmo traçado três vezes e  $\frac{3}{4}$ . Chamo a atenção do Manuel. Pergunto-lhe como se chama o ângulo da circunferência e quanto mede. O nome não sabe, mas sabe que o ângulo é de  $360^\circ$  (a professora já tinha ensinado na aula). Com o meu apoio faz uma circunferência correctamente.

José esteve atento à explicação. Faz também uma circunferência no seu computador.

O Manuel sai. Fico com o José. Ele quer fazer mais qualquer coisa. É uma criança muito interessada. Pergunto-lhe o que quer fazer. Responde: *"não sei bem"*. Sugiro-lhe que faça uma Bandeira a partir do triângulo construído. Concordou. Peço-lhe para desenhar no meu caderno a bandeira, aproveitando o triângulo já feito. Ele desenha. Pergunto-lhe o que tem de fazer. Diz: *"a tartaruga tem de andar um pouco para trás"*. Não sabe como a tartaruga anda para trás. Digo-lhe que é PT, e ele acrescenta esta nova instrução. Fica: Para Triângulo

Repete 3 [PF 90 VD 120]

PT 50

Fim

Pergunto se não quer dar um novo nome ao procedimento. Diz que tem de ir embora e que na próxima aula lhe vai chamar Bandeira. São 11:20h.

### Excerto de uma observação após férias de Camaval (Fevereiro de 95)

Está metade da turma presente, como é habitual nesta classe (n= 11). A professora não acompanha as crianças. Ficou com a outra metade da turma na sala de aula. Por vezes, não com muita frequência, depende de cada professora, as crianças são só acompanhadas pelo membro da equipa técnica presente. Este, durante os 40 minutos que durou a sessão, limitou-se a apoiar pontualmente as crianças.

Percebi, porque o perguntei a algumas crianças, o que tinham para fazer. A professora, na aula, antes de virem para os computadores, disse-lhes para tentarem fazer uma CASA com um JARDIM à volta. Não planificaram o projecto, nem sequer o desenharam.

*[Pareceu-me um projecto excessivamente ambicioso e difícil de fazer, pois construir uma casa com um jardim em Logo, implica conhecimentos de programação que estas crianças não têm; exigiria ainda uma planificação cuidada do projecto].*

Cada criança presente vai tentando, em modo directo, por tentativa e erro, fazer a CASA. Observo duas crianças (raparigas), cada uma no seu computador.

Pergunto: "O que estão a tentar fazer?"

Ana e Maria: "A Casa, para depois fazer o jardim, que a Joana (professora) nos pediu para tentarmos fazer".

Ana, em modo directo, passo a passo, tenta fazer a casa. Começa pelas paredes (quadrado). Avança X (PF 70), Vira à Direita Y (VD 90), ... Volta ao passo a passo, apesar de já ter programado Quadrado em modo ensinar (não sabe reutilizar procedimentos construídos). Tinha ainda programado: Esfera, Hexágono e Triângulo usando o comando Repete e o rectângulo passo a passo; o hexágono não era um hexágono mas sim um eneágono (polígono de 9 lados), com erros de programação e ortográficos; do mesmo modo, não percebemos porque é que muitas crianças desta classe designaram a circunferência por esfera.

Maria, a outra criança, está também a tentar fazer CASA passo a passo. Tinha programado o Quadrado e o Triângulo usando o comando Repete. Nada mais.

Pergunto à Ana porque está a fazer tudo de novo, se já tem o quadrado feito. Então, Ana escreve Quadrado na zona de comandos, e com o rato desloca a tartaruga até ao canto superior direito, para fazer aí o triângulo. Não usa instruções. Não é fácil colocar a tartaruga exactamente sobre o vértice do quadrado. É uma estratégia simplificadora mas sem grande utilidade. Como não está a trabalhar no modo ensinar, não existe programação. Seguidamente tenta rodar a tartaruga, de modo a poder utilizar o

triângulo programado, ficando na horizontal. Faz: VD 40. Não dá certo. Apaga tudo e volta a repetir duas vezes. Continua com esta estratégia e a Maria também. Não intervenho. O membro da equipa técnica presente também não.

São 10:45h. Perante este impasse apoio as duas crianças a programar a CASA, no modo ensinar, utilizando os dois procedimentos já construídos (Quadrado e Triângulo). Não foi nada fácil, pois os valores dos lados do Triângulo e do Quadrado não eram iguais, o Triângulo não estava programado na horizontal e tiveram que construir um procedimento de deslocação.

Constatei que estas duas crianças, não conheciam ainda comandos elementares como, por exemplo, Andar Para Trás (PT), tiveram imensas dificuldades em colocar o triângulo na horizontal, etc. Contudo, estas dificuldades não decorrem do seu nível intelectual geral (ambas tiveram bons resultados na ECNI), nem de qualquer outra dificuldade de aprendizagem (são das melhores alunas da turma), mas sim do método de aprendizagem do Logo utilizado nesta classe, i.e., falta de um programa estruturado e sequenciado da programação.

Excerto de uma outra observação realizada no início do mês de Março de 95 (meio do ano escolar)

Hoje está a outra metade da turma. A professora não está de novo presente. As crianças estão acompanhadas de um dos membros da equipa técnica. Continuam a tentar fazer a CASA.

Observo um dos rapazes (o que obteve melhor nota na ECNI, e é considerado pela professora com um dos melhores alunos da classe).

João está a tentar fazer a CASA no modo directo, passo a passo.

Pergunto: *"João, posso ver o que estás a fazer"*.

João: *"Acabei de apagar"* (Limpar ecrã - LE)

Digo: *"Não. Posso ver o que já fizeste na página de trás?"*

João: *"Sim"* e vira a página

Eu: *"Porque é que tens tantas vezes programado Triângulo?"*

```

para rectangulo

para circunferencia
repete 360 { pf 1 vd 1 }
fim
para triangulo
repete 3 [pf 90 vd 120 ]
fim
repete 3 [pf 50 vd 120 ]
fim

para triangulo
repete 3 { pf 70 vd 120 }
fim

```

João: *"Eu tinha este (e aponta para o primeiro procedimento Triângulo), mas depois a Isabel (um dos membros da equipa técnica) escreveu no quadro este (aponta para o último) e eu escrevi de novo. O meu não estava bem".*

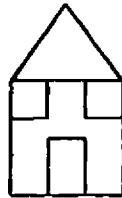
De facto não estava bem, porque o João tinha acrescentado mais um conjunto de instruções ao procedimento original. Era só apagar.

Pergunto: *"E agora, o que vais fazer?"*

João: *"Estou a tentar fazer uma CASA".*

Eu: *"Como? Queres desenhar aqui?"*

João: *"Sim, A Joana (professora), fez o desenho no quadro, lá em baixo na sala. Acho que era assim:*



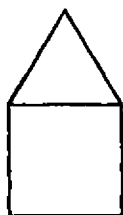
Digo: *"E como vais fazer esta casa?"*

João: *"Vou fazer um Quadrado e depois vou levar a tartaruga até a um canto e depois faço o triângulo e depois ..."*

Eu: *"Mostra-me lá"*

João, em modo directo faz o Quadrado passo a passo. Deixo-o acabar e chamo-lhe a atenção para o facto de ele já ter ensinado a tartaruga a fazer Quadrado usando o comando Repete. João diz: *"Foi a Isabel (membro da equipa técnica) que escreveu no quadro".* Peço-lhe para copiar para o meu caderno as instruções dadas à tartaruga para Quadrado e contar o número de vezes que ela fez PF 40 e VD 90. Mostro-lhe ainda a sequencialidade das instruções. Deste modo percebeu o sentido do comando Repete em Logo.

Apoio o João a programar CASA, mas só reutilizando os procedimentos Quadrado e Triângulo.



Não foi fácil. Esta criança tinha ainda muita dificuldade em saber se a tartaruga virava para a direita ou para a esquerda, mesmo quando o seu referencial correspondia ao dela.

As observações efectuadas nesta classe permitiram-me perceber que nela as crianças exploravam livremente o Logo, sendo-lhes apenas indicado o que deviam fazer. Por vezes, o membro da equipa técnica, ensinava-as a programar algumas figuras geométricas. Contudo, nem todas as crianças programaram as mesmas figuras, exceptuando o Quadrado, o Rectângulo e o Triângulo Equilátero; algumas delas não chegaram sequer a utilizar o comando *Repete*. Contudo, outras, produziram efeitos muito interessantes, em modo directo, como ilustram os dois exemplos abaixo:



O Logo, de facto, não é um programa fácil de aprender e de ensinar. É uma linguagem de programação completa que, embora assentando num simbolismo com significado para as crianças, levanta dificuldades logo que se ultrapassa o nível exploratório elementar. Exige conhecimentos técnicos de programação, que não estão ao alcance de muitos professores, não por incapacidade, mas porque a sua formação informática não lhes permite ir mais longe. Não é suficiente ter 'boa vontade' e alguns rudimentos de programação para ensinar crianças a programar, mesmo que a um nível elementar.



12

12

## **QUARTA PARTE**

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

## **Análise dos resultados**

### **Resumo**

Vamos apresentar os resultados de acordo com as questões e hipóteses de investigação formuladas no capítulo quarto.

Começaremos com os resultados das provas de transferência, que estão relacionados com a hipótese central desta tese, referindo depois os da prova de geometria, que se relacionam com uma das sub-hipóteses. Finalmente analisaremos o nível de conhecimentos Logo adquiridos pelas crianças das três classes que participaram na investigação, pois esta era uma das condições necessárias para se verificarem efeitos nas competências cognitivas e nos conhecimentos geométricos.

De facto, como investigações anteriores o mostraram, se as crianças não dominarem minimamente a actividade de programação esta não pode estar ao serviço de outras finalidades (cf. Littlefield et al., 1988, De Corte et al., 1989, 1990; Mendelsohn & Brna, 1990, entre outros). Relacionaremos ainda os resultados obtidos pelas crianças das três classes com os métodos de ensino utilizados pelas professoras.

## **Resultados das provas de transferência**

O objectivo central desta tese consistiu em utilizar o Logo como um meio de as crianças desenvolverem algumas competências cognitivas, transferíveis para situações similares. Focamo-nos num subconjunto de competências de resolução de problemas que são consideradas sensíveis à aprendizagem da programação informática: duas competências metacognitivas – planear e detectar/corrigir erros – e duas heurísticas – decomposição de problemas em subproblemas de mais fácil resolução e representação externa de problemas. Particular atenção foi dada à capacidade de planear.

Estas competências foram alvo de ensino explícito na Classe Experimental (C.E.). Por isso, as questões de investigação que formulamos foram as seguintes: será que as crianças da C. E. aprenderam a transferir melhor do que as crianças das duas Classes de Controlo (C.'s C.) as competências cognitivas teoricamente elicitadas pela aprendizagem da programação em Logo e explicitamente tidas em conta pelo ambiente instrutivo na C. E.? Em que medida o método de ensino utilizado pelas professoras influenciou os resultados?

Os resultados obtidos pelas crianças das três classes (C.E.; C.C.1; C.C.2) nas provas de transferência colectivas aplicadas e na prova de planeamento (de passagem individual) permitir-nos-ão responder a estas questões.

### **Resultados das provas de transferência (passadas colectivamente)**

As provas de transferência passadas colectivamente visaram avaliar a capacidade das crianças transferirem as competências cognitivas para tarefas/situações similares. Tentámos, por isso, que as provas fizessem apelo ao mesmo tipo de competências elicitadas pelo Logo e ensinadas às

crianças da C.E., ou seja, tentámos construir provas que avaliassem o transfer próximo ("near transfer"). Estas provas foram passadas a todas as crianças da C.E. e das duas C.'s C., antes (pré-teste) de se iniciar o ensino das competências cognitivas junto das crianças da C.E. e depois (pós-teste) da experiência terminar. Relembrando o conjunto das provas e critérios de cotação:

- duas provas de representação externa de problemas, uma designada de "DIAS DA SEMANA" com 10 itens, cada item valendo 1 ponto, e a outra designada de "CAIXAS" com 5 itens, cada item valendo igualmente 1 ponto;

- uma prova de decomposição de problemas, designada de "FIGURAS GEOMÉTRICAS", com 15 itens, cada item valendo 1 ponto;

- uma prova de detecção e correcção de erros, chamada de "HISTÓRIAS", com 6 itens, cada item valendo 1 ponto.

Analisaremos os resultados prova a prova ou considerando o conjunto das provas, conforme nos parecer mais adequado. Primeiro apresentamos as médias e os desvios padrão e depois os resultados da análise de variância que nos permitiu medir a mudança diferencial dos resultados do pré-teste para o pós-teste.

Antes mesmo de apresentar os resultados e a sua análise, convém tecer alguns comentários sobre a medição e avaliação da mudança em termos estatísticos. Este foi o percurso metodológico que adoptamos na abordagem dos dados e pareceu-nos que seria elucidativo e didáctico apresentá-lo.

Medir a mudança, em termos estatisticamente aceitáveis é um problema difícil. O teste MANOVA pareceu-nos a melhor maneira para realizar tal análise. Mas tem pressupostos sobre a natureza dos dados que convém salientar. Entre eles assume:

- que a variação entre os resultados em cada variável considerada separadamente (i.e., as variâncias univariadas) não deve diferir significativamente no conjunto das variáveis consideradas. No nosso caso, existem 8 variáveis no total (i.e., 4 variáveis no pré-teste e 4 variáveis no pós-teste);

— que a variação no conjunto dos resultados nas variáveis não difere significativamente entre os grupos. É o teste da variância multivariada.

O problema que encontramos nos dados das crianças dos três grupos é que as variáveis não cumprem completamente os dois pressupostos anteriormente descritos. O primeiro pressuposto ainda pode ser considerado razoavelmente preenchido o que já não acontece com segundo. Estas evidências decorrem da análise dos testes de homogeneidade da variância univariada e multivariada, que foi possível realizar com o programa estatístico SPSS-MANOVA e ANOVA.

#### Testes da homogeneidade da variância univariada - ANOVA

(UNIVARIATE TESTS OF HOMOGENEITY OF VARIANCE)

caipré	sempre	figpré	errpré	caipós	sempós	figpós	errpós	
.063	.445	.146	.524	.007	.245	.137	.011	(Cochran)
.100	.624	.293	.663	.024	.003	.136	.003	(B - B)

O quadro acima mostra os níveis de significação derivados de dois testes estatísticos de homogeneidade da variância: teste de Cochran e teste de Bartlett - Box (B - B). Para que todas as condições da ANOVA sejam completamente preenchidas todos os valores deveriam ser maiores do que .05. Como se pode ver dois valores estão abaixo de .05 no teste de Cochran e três valores no teste de Bartlett - Box (B - B).

Estes resultados não são os ideais mas são aceitáveis. Poder-se-ia aplicar uma MANOVA aos dados. No entanto, o teste de homogeneidade Multivariada da variância deu-nos resultados pouco aceitáveis, como seguidamente se mostra.

#### Teste de homogeneidade multivariado da variância

(MULTIVARIATE TEST OF HOMOGENEITY OF VARIANCE)

A significância do teste M Box (Box's M test) deu um 'F' menor do que .0001 e o Chi Quadrado tem o mesmo nível de significação (i.e., menos de .0001). Ambos estão bastante abaixo do valor .05, e este resultado sugere que não é apropriado utilizar a MANOVA.

Face a estes resultados tentámos uma transformação dos dados de modo a estes poderem fornecer-nos um valor do 'Box M test' mais aceitável, por exemplo, 'Square root' e 'Logarithmic', mas a situação não melhorou.

Foi assim que decidimos adoptar uma nova abordagem estatística para tentar responder à questão da possível existência de diferenças significativas entre as crianças dos três grupos do pré-teste para o pós-teste, e mais particularmente entre as crianças da C.E. e as duas C.'s C.

*Tentámos duas novas abordagens.*

Na *primeira* argumentámos que, como os três grupos não diferiam significativamente nos resultados do pré-teste, seria satisfatório examinar se eles se diferenciavam somente no pós-teste. Para testar esta hipótese aplicamos uma MANOVA só aos resultados obtidos pelas crianças nas pós-provas. Infelizmente, os pressupostos univariado e multivariado da MANOVA, já anteriormente referidas, não foram completamente preenchidos. No entanto, estes novos resultados não foram tão insatisfatórios como os precedentes, como se pode ver nos quadros abaixo, o que nos autorizou a levar a cabo uma MANOVA só sobre os resultados das pós-provas.

#### Testes univariados da homogeneidade da variância (ANOVA)

(UNIVARIATE TESTS OF HOMOGENEITY OF VARIANCE)

caipós	sempós	figpós	empós	
.007	.245	.137	.011	(Cochran)
.024	.003	.136	.015	(B - B)

#### Teste de homogeneidade multivariado da variância

(MULTIVARIATE TEST OF HOMOGENEITY OF VARIANCE)

Níveis de significação do Box's M Test 'F'	.018	Chi Quadrado	.017
--	------	--------------	------

O principal problema com esta abordagem é que não testa as diferenças entre os três grupos em termos de uma medida directa da mudança nos resultados das provas. Pelo contrário, esta abordagem assume (razoavelmente) que, como os grupos não diferem significativamente nas pré-provas, quaisquer diferenças significativas

registadas nas pós-provas indicam mudanças diferenciais entre os grupos. Este é portanto um método indirecto de avaliar a mudança.

Na *segunda abordagem*, tentámos um método mais directo de medir a mudança, isto é, subtraímos os resultados de cada pré-prova aos resultados de cada pós-prova. O problema que se levanta com esta abordagem é que tais resultados 'brutos' de mudança são potencialmente enganadores porque não tomam em consideração o que significa um aumento igual no resultado. Por exemplo, consideremos duas crianças, X e Y, que obtiveram os seguintes resultados numa dada prova:

Criança	Pré-Prova	Pós-Prova	Diferença	% Diferença
X	10	11	1	10%
Y	1	2	1	100%

Ambas as crianças mostram um aumento de 1 ponto no resultado mas a percentagem de aumento é muito diferente nos dois casos, dependendo do resultado inicial. O aumento de 1 ponto para a criança Y é muito maior do que o aumento de um ponto para a criança X.

Por isso, a medida 'bruta' de mudança (Pré - Pós) não nos pareceu apropriada para análise. Pelo contrário, pareceu-nos preferível computar uma medida de mudança nos resultados, como resíduo estandardizado (*standardized residual*) nas Pós-Provas quando estas são regredidas até às Pré-Provas. Este valor residual mede a extensão em que o resultado de cada criança muda relativamente à quantidade de mudança que seria esperada com base no resultado da Pré-prova. Ao computar estes valores residuais os três grupos de crianças foram combinados com o objectivo de realizar a regressão. Se a regressão fosse feita separadamente para cada um dos três grupos, estes ficariam todos com uma média de resultados de mudança igual a zero, o que seria pouco útil. Pelo contrário, quando a regressão é feita para os resultados dos três grupos combinados, é possível computar a média dos resultados para os três grupos nas medidas residuais de mudança e estas médias podem ser comparadas estatisticamente. Foi

este o procedimento adotado. Uma medida de mudança residual foi feita para cada uma das quatro provas, que se designaram por:

zRe_1	para "Caixas"
zRe_2	para "Erros" (Histórias)
zRe_3	para "Figuras"
zRe_4	para "Semana"

Os Testes Univariados da Homogeneidade da Variância (*Univariate Homogeneity of Variance Tests*) para estas variáveis mostraram os seguintes níveis de significância:

zRe_1	zRe_2	zRe_3	zRe_4	Test
.560	.256	.010	.002	Cochran
.699	.425	.033	.004	B - B

e os níveis de significância para os Box's M Test foram 'F' = .011 e Chi Quadrado = .011

Estes resultados, embora não sejam tão bons quanto gostaríamos, parecem-nos suficientemente razoáveis, o que nos permitiu utilizar a MANOVA para analisar as diferenças entre os três grupos em termos das medidas residuais de mudança. Foi isso que fizemos.

Feito este comentário, passamos a apresentar os resultados.

### **Resultados do pré-teste**

#### **Médias e Desvios Padrão por grupos nas quatro Provas de Transferência**

	Caixa		Erro		Figuras		Semana	
	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev
GRUPO1 (C.E.)	3,7500	1,2946	4,1786	1,9255	10,3929	2,6435	6,0357	2,3011
GRUPO2 (C.C.1)	3,3043	1,6634	3,3043	2,3048	9,5217	3,4885	6,0870	2,7455
GRUPO3 (C.C.2)	3,5385	1,0670	3,5000	2,0248	9,6154	2,6545	5,8846	2,3208
TODOS	3,5455	1,3431	3,6883	2,0854	9,8701	2,9125	6,0000	2,4170

Total Casos = 77

Uma análise sumária das médias obtidas pelas crianças das três classes nas quatro provas de transferência no pré-teste mostra que as crianças da C.E. obtiveram resultados ligeiramente superiores aos das



crianças das duas C.'s C. No entanto, como veremos seguidamente, com os testes de análise de variância multivariada e univariada, estas diferenças não se mostraram estatisticamente significativas.

### Análise da variância

(para o conjunto das 4 provas)

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 34 1/2)

Test Name	Value	Approx. F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,06262	,58176	8,00	144,00	,792
Hotellings	,06630	,58010	8,00	140,00	,793
Wilks	,93761	,58103	8,00	142,00	,792
Roys	,05875				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Esta análise mostra que os três grupos não diferem nos resultados no conjunto das quatro pré-provas tidas no seu conjunto, pois o teste multivariado da variância apresenta valores de 'p' significativos ( $p > .05$ ).

(cada prova considerada separadamente)

Univariate F-tests with (2;74) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CAIXAPRE	2,50981	134,58110	1,25490	1,81866	,69001	,505
ERROPRE	11,04277	319,47671	5,52139	4,31725	1,27891	,284
FIGURPRE	12,12975	632,57155	6,06488	8,54826	,70949	,495
SEMAPRE	,55578	443,44422	,27789	5,99249	,04637	,955

Estes resultados mostram que em nenhuma das quatro pré-provas os grupos se diferenciam, i.e., que os resultados obtidos pelas crianças das três classes em cada prova no pré-teste são equivalentes. Logo, podemos concluir que os três grupos são equivalentes em termos de resultados nas pré-provas ( $p > .05$ ).

Resultados similares foram encontrados quando os valores obtidos pelas crianças nas pré-provas foram 'ajustados' aos valores de QI obtidos na ECNI, i.e., quando a influência do QI nos resultados das pré-provas foi subtraída. Esta análise foi feita utilizando a Mancova e a Ancova (análise da

covariância) que deram valores de probabilidade de significação sempre superiores a .05, conforme se pode observar nos quadros abaixo.

**Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 33 1/2) (Mancova)**

Test Name	Value	Approx. F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,08489	,77576	8,00	140,00	,625
Hotellings	,09136	,77658	8,00	136,00	,624
Wilks	,91572	,77633	8,00	138,00	,624
Roys	,07688				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

**Univariate F-tests with (2;72) D. F. (Ancova)**

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CAIXAPRE	4,26141	117,31786	2,13071	1,62941	1,30765	,277
ERROPRE	13,23424	292,88166	6,61712	4,06780	1,62671	,204
FIGURPRE	14,67255	582,11168	7,33628	8,08488	,90741	,408
SEMAPRE	,83749	386,21810	,41875	5,36414	,07806	,925

**Em síntese:**

Este conjunto de análises estatísticas mostra que os três grupos (C.E., C.C.1 e C.C.2) são equivalentes, i.e., estão igualmente distribuídos em termos dos resultados das pré-provas e em termos de Q.I.

Estes resultados eram para nós importantes, pois só garantindo a equivalência dos grupos nos resultados das pré-provas, poderíamos atribuir à intervenção realizada as diferenças que eventualmente se viessem a verificar nos resultados das pós-provas.

Analisemos então os resultados das pós-provas.

## Resultados do pós-teste

### Médias e Desvios Padrão por grupos nas quatro Provas de Transferência

	Caixa		Erro		Figuras		Semana	
	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev
GRUPO1	3,9286	1,0516	5,1786	1,1880	11,8571	2,3682	7,0000	2,3094
GRUPO2	3,3913	1,7513	3,3043	2,1413	9,5217	3,5659	7,2174	2,3151
GRUPO3	3,8846	1,1429	4,2308	1,5312	10,2308	2,9841	7,1538	1,1897
TODOS	3,7532	1,3294	4,2987	1,7849	10,6104	3,0956	7,1169	1,9800

Total Casos = 77

Uma análise sumária das médias dos resultados obtidos pelas crianças das três classes nas pós-provas, mostra que só nas provas ERRO (detecção e correcção de erros) e FIGURAS (decomposição de problemas) é que as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados. Nas outras duas provas - SEMANA e CAIXAS (representação externa) as médias são similares. No entanto, esta análise descritiva não nos permite saber se as diferenças de médias são estatisticamente significativas. Foi a análise de variância multivariada e univariada que nos permitiu responder a esta questão. Por isso apresentamos seguidamente esta análise.

### Análise da variância

(para o conjunto das 4 provas)

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 34 1/2)

Test Name	Value	Approx.	F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,29869		3,16015	8,00	144,00	,003
Hotellings	,41199		3,60492	8,00	140,00	,001
Wilks	,70536		3,38461	8,00	142,00	,001
Roys	,28447					

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Estes resultados mostram que os três grupos diferem no conjunto dos resultados das pós-provas ( $p < .05$ ). Podemos, portanto, concluir que, como os grupos não diferiam nas pré-provas, houve alguma mudança significativa nos resultados das provas ao longo do tempo. Se não em todas as provas

pelo menos em algumas delas. Os testes estatísticos que seguidamente apresentamos permitem verificar em qual ou quais das provas houve uma mudança significativa.

(para cada prova considerada separadamente)

Univariate F-tests with (2;74) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CAIXAPOS	4,32244	129,98925	2,16122	1,75661	1,23033	,298
ERROPOS	44,53778	197,59209	22,26889	2,67016	8,33990	,001
FIGURPOS	74,52860	653,78309	37,26430	8,83491	4,21785	,018
SEMAPOS	,65039	297,29766	,32520	4,01754	,08094	,922

Estes resultados mostram que só existem diferenças significativas nos resultados do pós-teste nos três grupos em duas provas: na prova ERRO (que avalia as competências metacognitivas de planificação e detecção/correção de erros) e na prova FIGURAS (que avalia a heurística de decomposição de problemas em sub-problemas de mais fácil resolução). No entanto, esta análise não diz qual ou quais dos grupos diferem entre-si.

É a análise que seguidamente apresentamos que permite verificar qual ou quais dos grupos diferem entre si nos resultados destas duas provas. Trata-se da análise da variância univariada (One Way ANOVA) e do teste de Sheffé que permitem discriminar os grupos em termos de mudanças significativas.

#### Pós-Prova 'Histórias' (ERROPOS)

##### Análise da variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	44,5378	22,2689	8,3399	,0005
Within Groups	74	197,5921	2,6702		
Total	76	242,1299			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean	
Grp 1	28	5,1786	1,1880	,2245	4,7179 TO	5,6392
Grp 2	23	3,3043	2,1413	,4465	2,3784 TO	4,2303
Grp 3	26	4,2308	1,5312	,3003	3,6123 TO	4,8492
Total	77	4,2987	1,7849	,2034	3,8936 TO	4,7038

#### Sheffé Test

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$\text{MEAN}(J) - \text{MEAN}(I) \geq 1,1555 * \text{RANGE} * \text{SQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G

r r r

p p p

2 3 1

Média GRUPO

3,3043 Grp 2

4,2308 Grp 3

5,1786 Grp 1 \*

O teste de Sheffé mostra que o grupo 1 (C.E.) difere dos dois grupos de controlo nos resultados da prova ERRO, i.e., que obteve melhores resultados; contudo estes resultados são significativamente superiores ao do grupo 2 (C.C.1) mas não significativamente superiores ao grupo 3 (C.C.2). Os grupos 2 e 3 não diferem entre si.

Resultados similares foram encontrados para a prova FIGURA, conforme se mostra nos quadros abaixo.

### Pós-Prova 'Figuras'

#### Análise da variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	74,5286	37,2643	4,2178	,0184
Within Groups	74	653,7831	8,8349		
Total	76	728,3117			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	28	11,8571	2,3682	,4476	10,9388 TO 12,7754
Grp 2	23	9,5217	3,5659	,7435	7,9797 TO 11,0637
Grp 3	26	10,2308	2,9841	,5852	9,0255 TO 11,4361
Total	77	10,6104	3,0956	,3528	9,9078 TO 11,3130

#### Teste de Sheffé

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$\text{MEAN}(J) - \text{MEAN}(I) \geq 2,1018 * \text{RANGE} * \text{SQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G

r r r

p p p

2 3 1

Média GRUPO

9,5217 Grp 2

10,2308 Grp 3

11,8571 Grp 1 \*

Resultados idênticos foram registados quando os valores obtidos pelas crianças dos três grupos nas pós-provas foram 'ajustados' à possível influência do QIEC (Quociente Intelectual na Escala Completa - ECNI). Os resultados da análise da covariância (Mancova e Ancova), abaixo sumariados, mostram que o QI não interferiu nos resultados obtidos nas pós-provas.

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 33 1/2) (Mancova)

Test Name	Value	Approx. F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,33305	3,49646	8,00	140,00	,001
Hotellings	,47345	4,02433	8,00	136,00	,000
Wilks	,67394	3,76259	8,00	138,00	,001
Roys	,31055				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Univariate F-tests with (2;72) D. F. (Ancova)

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
CAIXAPRE	6,39093	116,96913	3,19547	1,62457	1,96696	,147
ERROPRE	50,42983	171,75246	25,21492	2,38545	10,57029	,000
FIGURPRE	86,94333	548,13674	43,47167	7,61301	5,71018	,005
SEMAPRE	2,39282	224,18338	1,19641	3,11366	,38425	,682

**Em síntese:**

O conjunto das análises estatísticas efectuadas sobre os resultados das pós-provas mostra que as crianças da C.E. melhoraram em relação às crianças das duas C.'s C. nas provas ERRO e FIGURAS. Nas outras duas provas (SEMANA e CAIXAS) não se registaram diferenças de resultados. Os melhores resultados obtidos pelas crianças da C.E. (grupo1) nas duas provas mencionadas revelaram-se estatisticamente significativos em relação às crianças da C.C.1 (grupo2), mas não em relação aos resultados das crianças da C.C.2 (grupo3). Por outro lado, os resultados das crianças destas duas classes não se revelaram estatisticamente diferentes.

Não iremos, de momento, fazer interpretações inferenciais mais 'arriscadas', i.e., extrapoladas dos resultados obtidos. Numa fase mais avançada da análise, após termos apresentado os resultados da análise de regressão, tentaremos relacionar estes resultados com outras variáveis, nomeadamente, os método de ensino das professoras. Estas variáveis podem elucidar porque é que a Classe Experimental difere positivamente no pós-teste das duas classes de controlo nas duas provas anteriormente referidas mas só difere significativamente da C.C.1 e esta não difere significativamente da C.C.2.

Quanto às outras duas provas, CAIXAS e SEMANA, que avaliavam a competência cognitiva de representação externa dos problemas, em que não se registaram diferenças significativas nos resultados do pós-teste entre os três grupos, pensamos que se deve ao facto do Logo por si-só não desenvolver esta competência e que o tempo que as crianças da C.E. dedicaram à sua aprendizagem (fora do Logo mas com ele relacionado) não foi suficiente para se registarem diferenças de realização no pós-teste em relação aos dois grupos de controlo.

Apresentamos de seguida os resultados da análise de regressão. Primeiro as diferenças de médias e desvios padrão do pós-teste para o pré-teste e os valores residuais estandardizados (expressos por Zre\_) e depois a análise de variância efectuada sobre estes valores.

### Resultados da análise de regressão

#### Diferenças de médias e de desvios padrão do pós-teste para o pré-teste nas quatro provas de transferência

	Caixa		Erro		Figuras		Semana	
	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev	Média	Std Dev
GRUPO1	,1786	1,4156	1,0000	1,9814	1,4643	2,7552	,9643	2,6734
GRUPO2	,0870	,8482	,0000	1,8091	,0000	4,1887	1,1304	1,4240
GRUPO3	,3462	1,5216	,7308	1,8234	,6154	2,1181	1,2692	2,0699
TODOS	,2078	1,3012	,6104	1,8998	,7403	3,1009	1,1169	2,133
Total Casos = 77								

#### Análise da variância dos valores estandardizados residuais (Zre\_)

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1/2, N = 34 1/2)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,23913	2,44443	8,00	144,00	,016
Hotellings	,30478	2,66686	8,00	140,00	,009
Wilks	,76401	2,55718	8,00	142,00	,012
Rois	,22520				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Uma interpretação sumária dos resultados da análise de variância multivariada sobre os valores residuais dos resultados das pós-provas nas



pré-provas, transcritos no quadro acima, mostra que os grupos diferem nestes valores ( $p < .05$ ). Contudo, não sabemos em que provas se registaram diferenças e se essas diferenças são significativas. São as análises que seguidamente apresentamos que nos permitiram responder a estas interrogações.

#### Análise da variância univariada

Univariate F-tests with (2;74) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F	
ZRE_1	1,46070	73,53930	,73035	,99377	,73492	,483	(Caixas)
ZRE_2	11,86662	63,13338	5,93331	,85315	6,95456	,002	(Erro)
ZRE_3	6,35569	68,64431	3,17785	,92763	3,42578	,038	(Figuras)
ZRE_4	,28075	74,71925	,14037	1,00972	,13902	,870	(Semana)

Estes resultados mostram e confirmam que os grupos diferem significativamente entre si no pós-teste nos valores residuais das provas FIGURAS e ERRO ( $p < .05$ ). No entanto, esta análise da variância não nos diz qual ou quais grupos diferem entre si. Foi o teste de Sheffé que nos permitiu responder a esta questão.

#### Teste de Sheffé

Variable ZRE\_2 - Standardized Residual (ERRO)

632

#### Analysis of Variance

633

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	11,8666	5,9333	6,9546	,0017
Within Groups	74	63,1334	,8532		
Total	76	75,0000			

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$\text{MEAN}(J) - \text{MEAN}(I) \geq ,6531 * \text{RANGE} * \text{SQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G

r r r

p p p

2 3 1

Média	GRUPO
-,5378	Grp 2
,0112	Grp 3
,4314	Grp 1 *

Estes resultados indicam que o grupo1 – Classe Experimental – difere dos outros dois grupos – Classe de Controlo1 e Classe de Controlo2 – nos resultados residuais estandardizados (regressão dos valores da pós-prova nos valores da pré-prova) na prova ERRO; contudo esta diferença só é significativa em relação aos resultados das crianças do grupo2 (C.C.1) e não relativamente aos resultados do grupo3 (C.C.2). Estes dois grupos não diferem entre si de modo significativo. Confirmam-se os resultados obtidos com a análise da variância dos resultados das pós-provas.

Estes mesmos resultados foram registados relativamente à prova FIGURAS que apresentamos a seguir:

#### Teste de Sheffé

##### Variable ZRE 3 - Standardized Residual (FIGURAS)

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	6,3557	3,1778	3,4258	,0378
Within Groups	74	68,6443	,9276		
Total	76	75,0000			

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$\text{MEAN}(J) - \text{MEAN}(I) \geq ,6810 * \text{RANGE} * \text{SQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G

r r r

p p p

2 3 1

Média	GRUPO
-,3324	Grp 2
-,0918	Grp 3
,3583	Grp 1 *

### **Síntese final**

Estas diferentes abordagens estatísticas aos resultados das provas de transferência, permitiram-nos validar parcialmente a hipótese central desta tese, pois só se registaram diferenças nos resultados das crianças da C.E. em duas das quatro provas e esta diferença só foi significativa em relação aos resultados das crianças da C.C.1.

Face a estes resultados, vamos interrogá-los e avançar algumas interpretações que nos parecem plausíveis.

**Porque será que não se registaram diferenças nas duas provas, que avaliavam a competência cognitiva de 'representação externa dos problemas'?**

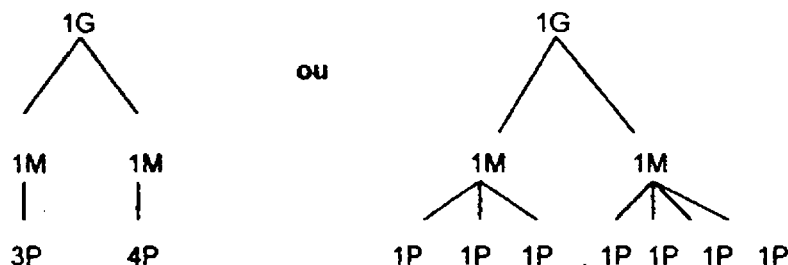
— Primeiro, a aprendizagem da linguagem Logo, por si só, devido à sua estrutura procedural, não induz directamente a aprendizagem deste tipo de competência cognitiva, de natureza mais funcional. Apenas um trabalho paralelo mas relacionado com o Logo, permitiria às crianças desenvolver este *skill*, sobretudo se se tivesse, de um modo sistemático e frequente, pedido às crianças que representassem externamente os projectos que iriam realizar no Logo. As crianças da C.E. foram ensinadas a utilizar este procedimento, quer dizer, era-lhes muitas vezes pedido que conversassem, desenhassem e escrevessem os projectos que queriam realizar, que exprimissem externamente os impasses que iam encontrando na resolução dos seus projectos (verbal e graficamente). Foram ainda ensinadas a utilizar duas formas de planeamento – *top-down* e *bottom-up* – que incluíam uma fase de representação externa. Raramente vimos este tipo de procedimentos a ser realizados nas duas C.'s C. No entanto, estes resultados parecem indicar que, como esta competência não está directamente relacionada com a aprendizagem do Logo e deveria ser mais frequentemente realizada pelas crianças também lhes deveria ser mostrado, de um modo mais sistemático, a sua aplicação noutros contextos, por exemplo, na representação de problemas de matemática, como o fizeram De Corte et al. (1989, 1991) com algum sucesso;

— Segundo, poderá ter acontecido que as provas construídas não fossem sensíveis a esta competência ou que, o que nos parece mais plausível, embora a avaliassem, os conteúdos que constituíam os itens eram demasiado afastados da experiência das crianças com o Logo. Pode ter acontecido que as crianças da C.E. não tenham conseguido aprender a transferir esta competência para tarefas que, embora lhe fazendo apelo, tinham conteúdos diversos que interferiram no transfer. Tomemos como exemplo, para ilustrar o que acabou de ser dito, dois itens destas duas provas (um retirado de 'Caixas' e outro de 'Semana').

item 'Caixas' - "Tens uma caixa grande. Dentro desta caixa grande tens duas caixas médias. Dentro de uma das caixas médias tens três caixas pequenas. Dentro da outra caixa média tens quatro caixas pequenas. Quantas caixas tens ao todo?"

A solução mais eficaz deste problema exige fazer uma representação externa. Esta pode ser feita de várias maneiras. Tomemos alguns exemplos retirados dos protocolos das crianças da C.E. no pós-teste pois as crianças das duas C.'s C. quase não utilizaram este tipo de estratégia, salvo a do exemplo 3:

Exemplo 1:



Exemplo 2:

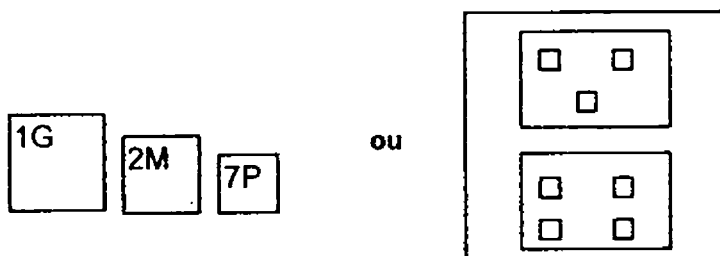


Exemplo 3:

$$1+1+1+3+4= 10 \text{ caixas} \quad \text{ou}$$

1
1
1
3
+ 4
10 caixas

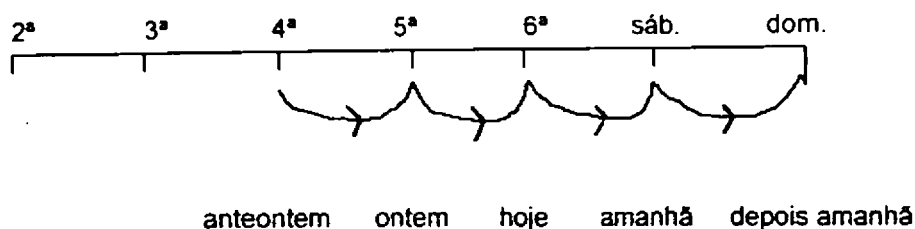
Exemplo 4:



item 'Semana'- "se anteontem foi quarta,  
que dia da semana é depois de amanhã?"

De novo, a solução mais eficaz para este tipo de problemas consiste em fazer a sua representação externa. Tomemos dois exemplos (um proposto por nós, outro utilizado pelas crianças, mas raramente) :

Exemplo1 (nosso):



Exemplo2: (das crianças)

anteontem 4ª, ontem 5ª, hoje 6ª, amanhã sábado, depois de amanhã domingo

ou



Parece-nos que estes factores acumulados (pouco treino da competência no contexto Logo e noutros contextos, competência não directamente relacionada com a estrutura da linguagem e conteúdos diferentes onde a aplicar) podem explicar que as crianças da C.E. não tenham aprendido a melhor transferir este *skill* cognitivo do contexto Logo para outras situações.

Estes factores encontravam-se associados nas outras competências cognitivas em que as crianças da C.E. aprenderam a melhor transferir, do que as crianças das duas C.'s C.

Parece pois que a condição necessária para que se produza a transferência das competências cognitivas consideradas — teoricamente induzidas pela aprendizagem da linguagem Logo e explicitamente ensinadas às crianças da C.E. — é que se reforcem vínculos associativos entre a aprendizagem do Logo (inerentes à sua estrutura lógica subjacente), com a consciencialização da sua utilização no próprio contexto de programação (método de aprendizagem do Logo) e se apoie as crianças a descontextualizar, i.e., a ver a sua aplicação noutros situações.

Nenhum destes aspectos considerado separadamente produz efeitos positivos de transferência. E treinar a competência de representação externa sem ela ser directamente solicitada pelo trabalho com a linguagem Logo não conduziu as crianças da C.E. a melhor transferir esta competência para situações não-Logo.

Utilizar a linguagem Logo sem apoiar as crianças a tomar consciência e a reflectir sobre o seu trabalho, mesmo quando a estrutura da linguagem induz à decomposição dos problemas e à detecção e correcção dos erros, não produz efeitos positivos de transferência, como o demonstram os resultados das crianças das duas C.'s C.; o mesmo não aconteceu com as crianças da C.E., que aprenderam a criar vínculos associativos entre estas competências inerentes à linguagem e explicitamente ensinadas no contexto Logo. Parece, pois, que o transfer de competências cognitivas depende não só do seu treino explícito em dado contexto e da sua descontextualização progressiva, como algumas investigações o mostraram (Littlefield et al., 1988; Leher et al., 1988; De Corte et al., 1988; 1990, entre outros) mas ainda dos vínculos associativos que se podem estabelecer entre os vários

contextos onde essas competências podem ser aplicadas. Talvez Mendelsohn (1994) tenha razão quando interroga do seguinte modo o problema do transfer de conhecimentos: *"Não poderá a verdadeira questão do transfer ser a da adequação entre, por um lado, a qualidade e o conteúdo dos conhecimentos ensinados e, por outro, os constrangimentos dos diferentes domínios onde esses conhecimentos são susceptíveis de se aplicar?"*, não esquecendo que *"o transfer de competências não é um fenómeno puramente associado ao ensino formal. Devemos ainda interrogar-nos sobre os vínculos orgânicos que existem entre certas actividades e as aptidões cognitivas que elas implicam"*.

Os resultados da nossa investigação parecem responder positivamente a estas interrogações.

Porque será que, embora as crianças da C.E. tenham aprendido a melhor transferir a competência metacognitiva de 'detecção/correção de erros' e a heurística de 'decomposição de problemas', esta aprendizagem só foi significativa em relação às crianças da C.C.2?

Aqui podem ser dadas várias explicações, entre elas, o tempo e método instrutivo utilizado por cada uma das professoras das duas C.'s C.

As crianças da C.C.1 foram as que utilizaram menos tempo nos computadores e particularmente o Logo: começaram um mês mais tarde e nem sempre usavam os tempos lectivos que estavam destinados à utilização dos computadores. O mesmo não aconteceu com a C.C.2.

O método instrutivo das professoras das duas classes de controlo era também diferente. A professora da C.C.2 (grupo3) usava um tipo de interacção com as crianças menos directivo e mais individualizado, i.e., não dava habitualmente "lições de Logo" no quadro e preferia apoiar as crianças individualmente nos impasses que iam encontrando. As crianças desta classe tinham mais liberdade para explorar as suas próprias ideias e a linguagem Logo. A professora da C.C.1 (grupo2) tinha mais tendência para dar "lições de Logo" para toda a classe e mantinha poucas interacções individualizadas com as crianças. Estas também tinham menos liberdade para explorar as suas próprias ideias e o programa.

Podemos inferir que um método menos directivo, onde se dá um certo grau de liberdade às crianças na exploração das possibilidades da linguagem Logo, é preferível, em termos do desenvolvimento das competências de decomposição de problemas e de detecção/correção de erros, a um método muito directivo, como o utilizado pela professora da C.C.1. Este método não permitiu às crianças explorar as possibilidades inerentes à própria estrutura do Logo. Contudo, o método de descoberta guiada ou de exploração orientada por meio de exercícios/exemplos, como foi praticado na C.E., parece preferível aos outros dois. Os resultados obtidos pelas crianças desta classe, nestas duas competências cognitivas, foram superiores aos das crianças das duas classes de controlo.



## Resultados da prova de planeamento

A prova de planeamento foi construída com o objectivo de avaliar a capacidade das crianças transferirem para uma situação similar esta competência cognitiva, teoricamente elicitada pela actividade de programação, e alvo de treino explícito na C.E.

Esta prova foi passada antes de se iniciar o ensino de estratégias de planeamento na C.E. (pré-teste) e após a experiência terminar (pós-teste).

Desde meados dos anos 80, altura a partir da qual a linguagem Logo passou a ser utilizada pelas crianças em contextos educativos, que os investigadores da cognição se interessaram por avaliar os seus efeitos na organização do pensamento. *"O desenvolvimento de aptidões para planificar foi uma das primeiras virtudes atribuídas à aprendizagem de programação"* (Mendelsohn, 1987). Esta competência de alto nível é ainda considerada como uma das mudanças cognitivas mais importantes que se operam na capacidade de raciocínio das crianças entre os 10-12 anos (Richards, 1982) ou mesmo antes (9-10 anos), como sugere Blanchet (1980) e que não 'escapou' ao olhar atento e perspicaz de Piaget (1972, 1974, 1978). Nestas idades (9-10 anos), as crianças começam a ser mais capazes de efectuar cálculos e deduzir, i.e., *"procuram raciocionar antes de agir"* (Piaget, 1978, p. 40). Programar um computador supõe uma análise planificada das etapas que conduzem à solução de um dado problema. *"Parece pois natural pensar que o exercício da programação desenvolve esta capacidade para planificar"* (Mendelshon, *ibidem*). Daí que alguns investigadores tenham tentado determinar os efeitos da actividade de programação no desenvolvimento desta capacidade cognitiva. Pea & Kurland (1984) levaram a cabo o primeiro trabalho experimental neste domínio. Planificar implica: 1) a orientação para atingir uma finalidade deliberada (mas não necessariamente consciente ou racional); 2) ponderação dos esforços para contornar os problemas e atingir a finalidade; 3) uso de recursos mediatizados para atingir a finalidade.

Daí resulta que a tarefa elaborada por estes investigadores para avaliar a transferência desta competência cognitiva do contexto Logo para uma outra situação tenha obedecido aos seguintes critérios:

1) a criança deve ser colocada numa situação em que a planificação seja o único meio de resolver o problema; 2) a tarefa deve ser suficientemente complexa para que os meios de atingir a finalidade não sejam directamente memorizáveis; 3) é necessário pôr em jogo um domínio de conhecimento relativamente familiar às crianças para que as acções elementares a realizar possam ser correctamente identificadas.

Contudo, os resultados a que chegaram estes investigadores não foram muito animadores, i.e., as crianças que utilizaram o Logo no contexto das actividades da classe não aprenderam a melhor planear as suas acções do que as que o não o utilizaram. Como os próprios autores deste estudo admitiram como hipótese, os resultados negativos verificados poderiam estar relacionados com algumas insuficiências metodológicas: pouco tempo de programação, ensino pouco estruturado, prova muito afastada da experiência das crianças com o Logo. Investigações posteriores que tentaram superar estas insuficiências como, por exemplo, as de Littlefield et al. (1988), alcançaram resultados mais animadores. Embora não muito optimistas, elas mostraram que se pode conseguir efeitos positivos no desenvolvimento da capacidade de planear, se as crianças passarem mais tempo a programar e em ambientes instrutivos mais estruturados e se se construírem provas mais próximas das experiências das crianças com o Logo (*near transfer*). Foi considerando estes resultados que tentámos construir uma prova que fizesse apelo a esta capacidade (segundo os critérios explicitados por Pea & Kurland em 1984, e anteriormente referidos) e que fosse o mais próxima possível da experiência das crianças com o Logo (*near transfer*).

Embora Mendelsonh (1988; 1991) pense que a actividade de programação tem mais probabilidades de ter efeitos positivos sobre as competências cognitivas específicas (*micro-expertises*) do que sobre as competências de alto nível, como a planificação, nós continuamos a pensar que programar um computador é um bom exercício de actividade mental e que os investigadores se devem preocupar em determinar os seus efeitos nas actividades mentais de alto nível ou, para utilizar as palavras de Vygotsky (1968), nos processos psicológicos superiores (a par dos conhecimentos mais específicos). Parece-nos que, do ponto de vista

psicológico, só assim se justifica que se introduzam as actividades de programação no contexto das actividades escolares.

Feito este pequeno comentário, relembramos sumariamente a prova, a amostra a que foi aplicada e os critérios de cotação, para depois analisarmos os resultados.

**Amostra (de crianças submetida à prova de planeamento)**

Como se trata de uma prova de passagem individual e que exige um registo rigoroso de tempos (latência e realização), tentativas feitas e acções realizadas, foi seleccionada uma amostra a partir do total de crianças das três classes. Os critérios de constituição da amostra basearam-se nas seguintes fontes de dados:

- resultados das avaliações das professoras no final do 1º período (registadas numa ficha construída para o efeito - ver anexo IX);
- resultados da prova de nível intelectual ECNI, passada no início do ano lectivo;
- resultados das observações efectuadas nas três classes durante o primeiro trimestre do ano escolar e de aprendizagem Logo.

Pretendemos que nesta amostra estivessem representadas crianças com diferentes níveis intelectuais, desempenhos escolares e realizações nos computadores.

Com base nestes dados seleccionamos 16 crianças de cada classe (C.E., C.C.1 e C.C.2) num total de 48. Ficou assim constituída uma sub-amostra (ver quadro abaixo) e de acordo com os seguintes critérios:

- quatro crianças, duas do sexo masculino e duas do sexo feminino, de cada classe, com níveis intelectuais globais bastante acima da média e classificadas pelas professoras com Bom em todos os cinco domínios (matemática, língua materna, meio físico, computadores e global) - 12 crianças no total;
- quatro crianças, duas do sexo masculino e duas do sexo feminino, de cada classe, com níveis intelectuais globais acima da média e classificadas pelas professoras com Bom em alguns dos cinco domínios (matemática, língua materna, meio físico, computadores e global) - 12 crianças no total;
- quatro crianças, duas do sexo masculino e duas do sexo feminino, de cada classe, com níveis intelectuais globais ligeiramente acima da média e

classificadas pelas professoras como Médias em todos ou quase todos os cinco domínios (matemática, língua materna, meio físico, computadores e global) - 12 crianças no total;

— quatro crianças, duas do sexo masculino e duas do sexo feminino, de cada classe, com níveis intelectuais globais na média ou ligeiramente abaixo média e classificadas pelas professoras como Médias e Fracas em alguns dos cinco domínios (matemática, língua materna, meio físico, computadores e global) - 12 crianças no total;

Quadro: Amostra de crianças das três classes a quem foi passada a prova de planeamento 'Bairro'

	MB/B+		B+/B		B/M+		M+/M-		Total
	F	M	F	M	F	M	F	M	
1 - C.E.	2	2	2	2	2	2	2	2	16
2 - C.C.1	2	2	2	2	2	2	2	2	16
3 - C.C.2	2	2	2	2	2	2	2	2	16
Sub-total	6	6	6	6	6	6	6	6	
Total	12		12		12		12		48

A hipótese que formulámos foi a de que as crianças da C.E. aprenderiam a melhor transferir esta competência da situação Logo para situações não-Logo.

#### A prova e as análises efectuadas

Como se trata de uma prova complexa e em que foram considerados muitos aspectos, que permitiriam verificar se existia uma melhoria do pré para o pós teste, fizemos uma avaliação quantitativa e uma qualitativa dos resultados. Esta última permitirá elucidar certos aspectos 'obscuros' da análise quantitativa.

A prova consiste na representação de um BAIRRO de Lisboa em que as crianças têm que realizar um conjunto de acções, segundo certos constrangimentos, nomeadamente andar com o mínimo de coisas e de peso possível e encontrar o caminho mais curto. Cada acção ou grupo de acções era

familiar às crianças (ver descrição detalhada da prova no capítulo sobre a metodologia e prova em anexo VI1).

Considerámos as seguintes variáveis:

**teman** tempo antes de iniciar realização da prova (expresso em segundos)

**temto** tempo total de realização da prova (expresso em segundos)

**tenta** n.º de tentativas feitas

**accn** n.º de acções realizadas (máximo 7)

<b>pape</b>	ida à papelaria	com dinheiro - 1
		sem dinheiro - 0

<b>corr</b>	ida ao correio	com dinheiro - 1
		sem dinheiro - 0

<b>pada</b>	ida à padaria	com dinheiro - 1
		sem dinheiro - 0

<b>lavan</b>	ida lavandaria	deixa peso - 1
		não deixa peso - 0

<b>fotos</b>	ida fotos	sem andar carregado - 1
		andando carregado - 0

**cams** caminho expresso em cm quando não teve em conta os principais constrangimentos da prova (ex.: comprar sem dinheiro e andar com o saco da roupa suja muito tempo)

**camc** caminho expresso em cm quando teve em conta os principais constrangimentos da prova (ex.: comprar com dinheiro e andar sem o saco da roupa suja)

As variáveis mais determinantes para avaliar se existiram melhorias do pré para o pós-teste em termos de planeamento são o número de acções realizadas **ACCN** (se a criança não se esqueceu de nenhuma acção) e o comprimento do caminho tendo em conta os constrangimentos da tarefa **CAMC** (escolher o caminho mais curto, com o mínimo de coisas e de peso possíveis, e comprar só depois de levantar dinheiro no multibanco).

## Resultados da análise quantitativa

Vamos seguidamente apresentar os resultados da análise quantitativa (estatística) realizada com o programa SPSS. Primeiro apresentamos as médias e desvios-padrão dos resultados obtidos pelas crianças dos três grupos (C.E., C.C.1 e C.C.2) nas principais variáveis desta prova e depois os resultados das Manovas efectuadas para verificar se existiam mudanças diferenciais entre os grupos do pré para o pós-teste.

### Médias e desvios padrão

#### Grupo1 (C.E.)

Variáveis	Média		Std Dev		Mínimo		Máximo		N
	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós	
ACCN	6,81	6,94	,40	,25	6	6	7	7	16
TEMAN	49,25	22,06	58,03	16,55	0	0	210	54	16
TEMTO	252,69	198,44	139,21	125,66	75	39	665	432	16
TENTA	1,75	1,69	1,00	,87	1	1	4	4	16
CAMC	31,50	50,88	37,25	36,49	,0	,0	86,0	101,0	16
CAMS	54,59	28,19	54,55	43,88	,0	,00	163,0	102,00	16

Uma análise sumária das médias (e dos desvios-padrão) dos resultados obtidos pelas crianças da C.E. nas variáveis acima transcritas mostra que, no seu conjunto, as crianças progrediram do pré para o pós-teste. O número de acções aumentou ligeiramente, i.e., só uma criança se esqueceu de realizar uma acção no pós-teste, o tempo de latência reduziu-se bastante do pré para o pós-teste bem como o tempo total de realização da prova, o número de tentativas manteve-se praticamente igual e o comprimento do caminho tendo em conta os constrangimentos da prova aumentou consideravelmente do pré para o pós-teste, invertendo-se este resultado no que respeita ao comprimento do caminho não tendo em conta os constrangimentos impostos pela tarefa. Parece pois, que as crianças da C.E. aprenderam a melhor planificar, i.e., a serem mais eficientes e mais rápidas na organização das acções que conduzem a um determinado objectivo, tendo ainda em conta os constrangimentos impostos pela actividade.

### Grupo 2 (C.C.1)

Variáveis	Média		Std Dev		Mínimo		Máximo		N
	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós	
ACCN	6,63	6,88	,62	,34	5	6	7	7	16
TEMAN	23,38	19,06	17,03	19,69	0	0	65	68	16
TEMTO	237,00	151,00	102,94	67,48	86	60	420	262	16
TENTA	1,63	1,44	,89	,63	1	1	3	3	16
CAMC	16,59	43,19	29,70	41,18	,0	,0	69,5	108,5	16
CAMS	87,53	42,31	68,74	50,58	,0	,00	224,0	113,00	16

Uma breve análise das médias (e dos desvios-padrão) dos resultados obtidos pelas crianças da C.C1. nas variáveis acima transcritas mostra que, no seu conjunto, as crianças progrediram do pré para o pós-teste. O número de acções aumentou ligeiramente, i.e., apenas duas criança se esqueceram de realizar uma acção no pós-teste, o tempo de latência reduziu ligeiramente do pré para o pós-teste bem como o tempo total de realização da prova, o número de tentativas manteve-se praticamente igual e o comprimento do caminho tendo em conta os constrangimentos da prova aumentou consideravelmente do pré para o pós-teste, invertendo-se este resultado no que respeita ao comprimento do caminho não tendo em conta os constrangimentos impostos pela tarefa. À semelhança das crianças da C. E., as crianças da C. C.1 aprenderam a melhor planificar.

### Grupo 3 (C.C.2)

Variáveis	Média		Std Dev		Mínimo		Máximo		N
	pré	pós	pré	pós	pré	pós	pré	pós	
ACCN	6,75	6,75	,58	,58	5	5	7	7	16
TEMAN	13,75	13,25	11,83	25,06	0	0	35	102	16
TEMTO	183,50	152,94	128,87	164,03	59	42	551	728	16
TENTA	1,69	1,25	1,30	,45	1	1	6	2	16
CAMC	47,38	24,41	60,01	37,59	,0	,0	163,0	85,5	16
CAMS	55,12	72,03	57,62	70,81	,0	,00	178,0	225,00	16

Uma análise sucinta das médias (e dos desvios-padrão) dos resultados obtidos pelas crianças da C. C.2. nas variáveis acima transcritas mostra que, no seu conjunto, as crianças não progrediram do pré para o pós-teste. O número de acções manteve-se igual, i.e., as duas crianças que se esqueceram de realizar acções no pré-teste esqueceram-se igualmente de as realizar no pós-teste, o tempo de latência reduziu muito ligeiramente do pré para o pós-teste bem como o tempo total de realização da prova, o número de tentativas manteve-se praticamente igual e o comprimento do caminho tendo em conta os constrangimentos da prova diminuiu consideravelmente do pré para o pós-teste, invertendo-se este resultado no que respeita ao comprimento do caminho não tendo em conta os constrangimentos impostos pela tarefa. Parece pois que as crianças desta classe regrediram na realização desta prova.

Estas diferenças de resultados do pré para o pós-teste, sobretudo no que concerne à nítida progressão das crianças da C.E. e também da C.C.1, e à regressão das crianças da C.C.2, não nos permitem determinar se estes resultados são estatisticamente significativos. Foram os testes de análise de variância univariada e multivariada que nos permitiram responder a esta interrogação. Por isso, nos propomos agora abordar os resultados destas análises.

Repartimos a análise de variância por dois grupos de variáveis: as que dizem respeito às menos importantes em termos de estratégias de planificação (ACCN – n.º de acções realizadas, TEMAN – tempo de latência, TEMTO – tempo total de realização, e TENTA – n.º de tentativas feitas por cada criança) e as mais importantes no que concerne a este aspecto, (CAMC – comprimento do percurso realizado tendo em conta os constrangimentos da tarefa e CAMS, comprimento do percurso realizado não tendo em conta os constrangimentos da tarefa). Os resultados serão apresentados tendo em conta esta divisão.



## **Análise da variância do primeiro grupo de variáveis**

A análise que se segue é uma Manova efectuada sobre uma transformação (*square root transformations*) dos resultados obtidos pelas crianças dos três grupos em 4 das variáveis da prova BAIRRO – ACCN (n.º de acções), TEMAN (tempo de latência), TEMTO (tempo total) e TENTA (n.º de tentativas). No total existem 8 variáveis (4 no pré-teste e 4 no pós-teste). Como se pode verificar nos quadros abaixo, só duas das análises da variância univariada não satisfazem o critério de homogeneidade (i.e., um valor de  $p < .05$  quer no Teste de Cochran quer no de Bartlett-Box B - B); o critério de homogeneidade da variância multivariada é completamente satisfeito ( $p > .05$ , nos testes de significância Box's M e Chi Quadrado).

### Testes Univariados da homogeneidade da variância (square root transformations) para as 4 variáveis (ACCN, TEMAN, TEMTO, TENTA)

ROACPO	ROTEMPO	ROTEMPTO	ROTEMPPO	ROACPRE	ROTEMPRE	ROTEMTPRE	ROTEMPRE	
.002	.581	.223	.138	.439	.008	.914	.667	(Cochran)
.003	.675	.080	.150	.207	.024	.691	.739	(B - B)

### Teste Multivariado de Homogeneidade das Matrizes de Dispersão (Square Root Transformations) das 4 variáveis (ACCN, TEMAN, TEMTO, TENTA)

Box M =	112,17215		
F WITH (72;5642) DF =	1,15082,	P =	.181 (Approx.)
Chi-Square with 72 DF =	84,29068,	P =	.152 (Approx.)

Contudo, não se verificaram diferenças significativas de mudança do pré para o pós-teste entre os grupos em nenhuma das 4 variáveis consideradas. Apesar destes resultados não serem os por nós esperados, eles não têm grande significado pois, como já anteriormente referimos, estas 4 variáveis não são as mais importantes em termos de verificar se houve uma melhoria significativa na capacidade de planificar do pré para o pós-teste das crianças da G.E. quando comparadas com as crianças das duas C.'s C.

No quadro abaixo mostra-se parte dos resultados da análise de variância efectuada nas 4 variáveis anteriormente referidas. Como se pode ver, todos os valores de 'p' são superiores a .05, o que mostra que os três grupos não apresentam diferenças significativas de mudança do pré para o pós-teste em nenhuma das 4 variáveis consideradas.

**EFFECT ... GRUPO BY TEMPO BY PROVA**

**Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 0, N = 20 1/2)**

Test Name	Value	Approx. F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,13315	1,04611	6,00	88,00	,401
Hotellings	,14471	1,01295	6,00	84,00	,423
Wilks	,87044	1,02970	6,00	86,00	,412
Rois	,09548				

Sendo o quadro acima apresentado apenas uma pequena parte da análise de variância efectuada sobre os resultados obtidos pelas crianças dos três grupos nestas 4 variáveis da prova de planeamento, remetemos para anexo (ver anexo XVIII2, pp. 395-402) os restantes resultados desta análise, que podem interessar os leitores mais 'curiosos' sobre o tratamento estatístico efectuado e os seus resultados.

### **Análise da variância do segundo grupo de variáveis**

A análise que se segue é uma Manova efectuada sobre uma transformação (*square root transformations*) dos resultados obtidos pelas crianças dos três grupos na variável caminho da prova BAIRRO – CAMC (comprimento do caminho tendo em conta os constrangimentos da tarefa) e CAMS (comprimento do caminho não tendo em conta os constrangimentos da tarefa).

Como se pode verificar nos quadros abaixo, a análise da variância univariada satisfaz completamente o critério de homogeneidade (  $p > .05$ , quer no Teste de Cochran quer no de Bartlett-Box B - B), o que já não acontece com a análise da variância multivariada ( $p < .05$ , nos testes de significância Box's M e Chi Quadrado). Apesar destes resultados não serem muito satisfatórios, permitiram-nos efectuar uma Manova sobre os

resultados das variáveis caminho, que eram as mais importante em termos de determinar se existiam diferenças significativas do pré para o pós-teste entre as crianças da C. E. e as crianças das duas C.'s C.

Testes Univariados da homogeneidade da variância (square root transformations)  
para a variável caminho (CAMC e CAMS)

ROCAMCPOS	ROCAMSPOS	ROCAMCPRE	ROCAMSPRE	
1.000	1.000	.252	1.000	(Cochrans)
.941	.864	.331	.999	(B - B)

Teste Multivariado de Homogeneidade das Matrizes de Dispersão (Square Root Transformations) para a variável caminho (CAMC e CAMS)

Box M =	48,05621		
F WITH (20;7268) DF =	2,09006,	P =	.003 (Approx.)
Chi-Square with 20 DF =	41,93349,	P =	.003 (Approx.)

Os resultados da análise de variância mostram um efeito significativo de mudança do pré para o pós-teste (Grupo x Tempo x Prova). A análise dos coeficientes para os parâmetros 2 e 3 em contraste com o 4 mostram que as crianças da C. E. (grupo1), melhoraram do pré para o pós-teste, e que estes resultados são estatisticamente significativos quando comparados com os resultados obtidos pelas crianças da C. C.2 (grupo3), mas não significativamente diferentes das crianças da C. C.1 (grupo2); a C. E. e a C.C.1 não diferem significativamente entre si. Os quadros que seguidamente apresentamos permitem observar o que acabou de ser dito. O sentido destes resultados pode ser encontrado examinando as médias, quer as utilizadas pela Manova quer as médias-brutas (*raw means*). Com efeito, o grupo1 (C. E.) aumentou os resultados na variável CAMC do pré para o pós-teste e diminuiu de resultado na variável CAMS do pré para o pós-teste. O mesmo se verificou com os resultados do grupo 2 (C. C.1). O grupo 3 (C. C.2) diminui de resultado na variável CAMC do pré para o pós-teste e aumentou na variável CAMS do pré para o pós-teste. Por outras palavras, os grupos 1 e 3 apresentam tipos de mudança ao longo do tempo nas variáveis caminho (CAMC e CAMS) com sentidos exactamente opostos.

### Médias usadas pela Manova

	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	PRE	POS	PRE	POS	PRE	POS
CAMC	3.71	5.90	2.04	4.90	4.50	2.76
CAMS	5.48	2.96	7.93	4.29	5.48	6.81

### Médias 'brutas' (raw means)

	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	PRE	POS	PRE	POS	PRE	POS
CAMC	31.5	50.9	16.6	43.2	47.4	24.2
CAMS	54.6	28.2	87.5	42.3	55.1	72.0

### Análise da variância

Tests involving 'TEMPO BY PROVA' Within-Subject Effect.

Tests of Significance for T4 using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	959,36	45	21,32		
TEMPO BY PROVA	88,77	1	88,77	4,16	,047
GRUPO BY TEMPO BY PROVA	207,61	2	103,81	4,87	,012

Sendo o quadro acima apresentado apenas uma pequena parte da análise de variância efectuada sobre os resultados obtidos pelas crianças dos três grupos nestas 2 variáveis da prova de planeamento, remetemos para anexo (ver anexo XVIII2, pp. 389-394) os restantes resultados desta análise.

### Síntese:

Os resultados das análises estatísticas efectuadas sobre os resultados da prova BAIRRO mostram que as crianças da C.E. progrediram do pré para o pós-teste nas variáveis mais importantes. O mesmo ocorreu com as crianças da C.C.1, embora com progressões menos expressivas. Resultados inversos registaram-se nos resultados das crianças da C.C.2. Estas diferenças mostraram-se estatisticamente significativas quando

comparamos os resultados das crianças da C.E. com os das crianças da C.C.2 mas não com os das crianças da C.C.1. Os resultados das crianças da C.E. e da C.C.1 não se revelaram estatisticamente significativos. Donde podemos concluir que só parcialmente se comprovou a hipótese inicialmente formulada. Perante estes resultados vamos interrogá-los e sugerir algumas interpretações que nos parecem plausíveis.

Como já referimos a professora da classe de controlo 2, utilizava um método instrutivo exploratório, i.e., as crianças tinham um grau de liberdade relativamente elevado na exploração do Logo e mesmo de outros programas informáticos disponíveis. Durante as observações que fizemos na classe, poucas vezes vimos esta professora a dar instruções precisas e mesmo propostas de exercícios estruturados. O nível de programação em que trabalharam estas crianças, muito elementar, e sem grandes constrangimentos impostos pela professora, talvez possa ser uma explicação para os resultados tidos na prova de planeamento. O Logo, por si-só, sem uma estruturação sugerida pelo exterior, não conduziu estas crianças a desenvolverem estratégias de planificação.

O mesmo não se passou com as crianças da classe experimental e as da classe de controlo 1. Os resultados das crianças da C.E. não nos surpreendem, pois o método instrutivo utilizado, de exploração orientada e as duas estratégias de programação ensinadas às crianças, implicavam um planeamento (prévio e em situação) dos projectos. O nível de conhecimentos Logo atingidos por estas crianças no final da experiência foram também superiores ao nível atingido pelas crianças das duas classes de controlo.

Surpreendem-nos os resultados positivos obtidos pelas crianças da classe de controlo 1. Estas, à semelhança das crianças da classe de controlo 2, atingiram níveis de conhecimentos Logo muito rudimentares, mas a professora utilizava um método muito mais directivo do que a da classe de controlo 2. As observações que fizemos durante o ano que durou a experiência, permitiram constatar que a professora desta classe dava habitualmente "lições de Logo", onde as crianças tinham que seguir passo a passo as instruções fornecidas. As crianças desta classe, contrariamente às da outra classe de controle, tinham muito menos liberdade para explorar o

Logo e mesmo outros programas informáticos disponíveis. Estavam habituadas a trabalhar segundo certos constrangimentos impostos pela professora, tendo em vista alcançar objectivos claramente formulados. Talvez esta seja a razão explicativa para a nítida evolução na prova de planeamento das crianças desta classe. De facto, planejar implica antecipar um resultado tendo em conta constrangimentos impostos na sua consecução. Implica uma organização das acções em sub-finalidades e se necessário a sua reorganização. Não existe actividade organizada que não corresponda a uma finalidade, seja esta externa (resultado, 'réussite') ou interna (compreensão ou explicação) e, a maioria das vezes, as duas ao mesmo tempo. Os resultados a que chegamos parecem indicar que nestas idades (9-10 anos), em que se encontram ainda em formação 'estruturas' e 'processos' cognitivos, é necessário uma certa organização 'imposta' do exterior para que estas estruturas e processos se desenvolvam. A melhoria da capacidade de planificar, parece depender não só do nível etário das crianças e do seu nível intelectual geral (trabalhámos com grupos equivalentes) e da utilização do Logo, mas ainda do grau de estruturação e orientação que o ambiente instrutivo lhes fornece.

### **Resultados da análise qualitativa**

O Logo é uma linguagem procedural. É considerada uma linguagem que ajudaria as crianças a organizar o conhecimento sobre a acção: acções elementares (utilização dos comandos básicos e pilotagem da tartaruga no ecrã), que se organizam em procedimentos (acções mais complexas, compostas de acções elementares) e super-procedimentos (acções ainda mais complexas, compostas de acções complexas). O Logo, devido à sua estrutura lógica subjacente deveria apoiar as crianças a desenvolver uma semântica das acções, i.e., um saber e saber-fazer respeitante à acção (Richards, 1992).

A prova de planeamento, implicava, como no Logo, uma organização de acções elementares, segundo certos constrangimentos, tendo em vista alcançar um objectivo. Como no Logo, as acções a realizar ocorriam num

determinado espaço, configuravam-se como deslocamentos nesse espaço, tendo em vista alcançar um objectivo, sob certos constrangimentos, i. e., certas acções só deveriam ser realizadas depois de outras (pré-requisitos da acção) e organizadas de modo a alcançar o objectivo da forma mais económica.

O que verificamos com a análise quantitativa dos resultados desta prova é que o Logo, por si só, não apoia as crianças a desenvolver a capacidade de organizar as acções. Só o faz quando conjuntamente à aprendizagem do Logo se dá uma estrutura exterior que ajuda as crianças a organizar as acções em representações procedurais (e também declarativas). Sem esta estruturação as crianças limitam-se a 'passear a tartaruga no ecrã', a produzir alguns efeitos interessantes, mas sem os relacionarem e organizarem em unidades significativas de acção (*chunks*, *schemas*). Esta organização da acção parece depender mais da aprendizagem (um certo grau de *expertise* decorrente da prática e do ensino) do que do nível intelectual geral, como os resultados obtidos nesta prova parecem indicar (os grupos eram equivalentes). Tecidas estas considerações vamos apresentar os dados referentes à análise qualitativa. Esta análise consistiu numa análise de conteúdo dos protocolos das crianças (não conteúdos verbais mas conteúdos de acção).

Consideramos 6 níveis (para cada nível apresentamos um exemplo):

Nível 1: a criança, perante a tarefa proposta, realiza acção-a-acção, aleatoriamente, sem ter em conta os constrangimentos da tarefa, não cria sequências de acção, nem mesmo as que estavam associadas nas indicações. Parece limitar-se a registar de onde deve partir e onde deve chegar e as acções que deve realizar, podendo mesmo esquecer-se de algumas delas; parece ainda não ter consciência de certos pré-requisitos, como por exemplo, comprar só depois de levantar o dinheiro. Para as crianças incluídas nesta categoria, não existe qualquer tipo de planificação da acção. Uma saem sempre de casa, outras recomeçam em qualquer parte do mapa. Geralmente fazem uma só tentativa e o tempo de latência é nulo ou quase e o tempo de realização curto. Também não utilizam nenhum mecanismo de verificação do que fizeram.

Exemplo (nível 1): Após a explicação da tarefa a criança situada neste nível, começa logo a executá-la.

*Sai de casa e vai à lavandaria (parte superior do mapa).*

*Sai de casa e vai ao correio (parte superior do mapa).*

*Sai de casa e vai à papelaria (parte inferior do mapa).*

*Sai de casa e vai à padaria (em frente a casa).*

*Sai de casa e vai às fotos (parte central do mapa).*

*Sai de casa e vai ao multibanco (parte inferior do mapa).*

*Sai das fotos e vai a casa do amigo (parte central do mapa).*

Como vemos neste protocolo a criança não cria nenhuma sequência de acção, nem organiza as acções (quer em função da sua proximidade no mapa, quer as que estão associadas nas indicações, quer tendo em conta outro qualquer critério). Também, como é óbvio, não tem em conta nenhum dos constrangimentos impostos. Existe uma total fragmentação das acções.

Nível 2: as crianças incluídas nesta categoria realizam acção-a-acção, associando apenas as que vêm associadas nas indicações; não têm em conta os constrangimentos da tarefa; neste nível parecem apenas estar preocupadas em realizar a tarefa, em alcançar o mais rapidamente possível o objectivo. Não existe ainda planificação.

Exemplo (nível 2): À semelhança das crianças do nível 1 as crianças deste nível, começam logo a executar a tarefa.

*Sai de casa e vai à lavandaria (parte superior do mapa).*

*Sai de casa e vai à padaria (em frente a casa).*

*Recomeça na lavandaria e vai ao correio e depois ao multibanco.  
(tudo na parte superior do mapa).*

*Recomeça na padaria e vai às fotos e a casa do amigo e regressa a casa (tudo no centro do mapa).*

*Esquece-se de ir à papelaria.*

A criança neste nível já começa a criar sequências de acções mas não tem em conta os constrangimentos da tarefa e recomeça em qualquer parte do mapa



*(não tendo em conta o local onde anteriormente se encontrava). Parece criar apenas sequências de acção por contiguidade.*

**Nível 3:** as crianças seguem tal e qual as indicações do mapa-prova, mas dão-lhe uma sequência, existe já um rudimento de organização das acções, embora não tenham em conta muitos dos constrangimentos da tarefa. Não existe ainda planificação.

Exemplo (Nível 3): *As crianças deste nível, geralmente, pensam antes de começar a executar a tarefa (é o tempo de latência — designado por 'tempo antes').*

*Sai de casa e vai à lavandaria (parte inferior do mapa).*

*Da lavandaria vai à papelaria (parte inferior do mapa).*

*Da papelaria vai ao correio (parte inferior do mapa).*

*Do correio vai às fotos (parte central do mapa).*

*Das fotos vai à padaria (parte central do mapa).*

*Da padaria vai ao multibanco.*

*Do multibanco regressa a casa.*

*As crianças situadas neste nível criam sequências de acção, neste caso uma só sequência, geralmente não se esquecem de realizar acções mas não têm em conta nenhum ou quase nenhum dos constrangimentos da tarefa. As sequências que criam parecem apenas obedecer ao critério de deslocamento no espaço, ligando cada acção à anterior, sem se preocuparem com os constrangimentos da tarefa.*

**Nível 4:** as crianças criam sequências de acção mas não têm em conta alguns constrangimentos da tarefa. Início de planificação das acções.

Exemplo (Nível 4):

*Sai de casa e vai ao multibanco (parte superior do mapa).*

*Do multibanco vai à papelaria (parte superior do mapa).*

*Da papelaria vai ao correio (parte superior do mapa).*

*Do correio vai à lavandaria (parte superior do mapa).  
Da lavandaria vai às fotos (parte central do mapa).  
Das fotos vai a casa do amigo (parte central do mapa).  
Da casa do amigo vai à padaria (parte central do mapa).  
Da padaria regressa a casa.*

*Como vemos a criança deste nível cria sequências de acção tentando respeitar alguns mas não todos os constrangimentos da prova (neste exemplo, anda carregada com o saco da roupa suja muito tempo). Começa a existir um rudimento de planificação da acção. As crianças deste nível têm já em conta certos pré-requisitos da acção, como por exemplo, comprar só depois de levantar dinheiro.*

Nível 5: as crianças criam sequências de acção, respeitam todos os constrangimentos mas não conseguem encontrar o caminho mais curto; têm consciência que não conseguiram alcançar o objectivo proposto da melhor maneira. São as crianças que fazem mais tentativas e que, geralmente, demoram mais tempo a terminar a prova. Utilizam uma estratégia que designamos de antecipação-realização (planeamento em situação, um vaivém continuado entre antecipação e realização). Consideramos 3 sub-níveis: caminho curto - sub-nível I (entre 65 - 75 cm);  
caminho médio - sub-nível II (entre 76 - 85 cm);  
caminho longo - sub - nível III (> 86 cm).

Exemplo (Nível 5): as crianças deste nível pensam antes e durante a realização da prova. Geralmente fazem várias tentativas, pois têm consciência de que não conseguiram realizar a tarefa da melhor maneira (tendo em conta todos os constrangimentos). Por vezes ficam mesmo impacientes por não conseguirem resolver o problema da melhor maneira.

*6ª tentativa (após 5 tentativas falhadas a meio do percurso “enganei-me, posso apagar ou mudar de folha”)*

*Sai de casa e vai à lavandaria entregar o saco de roupa suja (parte superior do mapa);*

*Da lavandaria vai levantar as fotos (parte central do mapa);*

*Que depois vai entregar a casa amigo (parte central do mapa);  
Da casa do amigo vai ao multibanco levantar dinheiro (parte superior do mapa);  
Para depois comprar o envelope e o selo na papelaria (parte superior do mapa);  
E depositar a carta no correio (parte superior do mapa);  
Indo seguidamente à padaria comprar pão;  
E regressando a casa.*

*As crianças situadas neste nível criam sequências de acção tendo em conta todos os constrangimentos da tarefa (não andar carregada, andar com o mínimo de coisas na mão e comprar só depois de levantar dinheiro) mas não conseguem encontrar o caminho mais curto (critério diferenciador em relação ao nível 6).*

Nível 6: as crianças situadas neste nível conseguem realizar bem a tarefa proposta: organizam sequências de acção, respeitando todos os constrangimentos (comprar só depois de levantar dinheiro, não andar com peso e coisas na mão, encontrando o caminho mais curto - 63.5 cm). Geralmente, estas crianças têm tempos de latência muito elevados (antecipação prévia) e de realização relativamente curtos. São também as que utilizam mais estratégias de verificação, i.e., controlo da acção (durante a realização da prova e após o seu término).

Exemplo (Nível 6): *As crianças deste nível, geralmente pensam muito antes de realizar, chegando mesmo a simular com o dedo ou o lápis as várias alternativas possíveis e medindo certos percursos (com o lápis, e com o olhar) e perguntando quando já encontraram a solução "Posso fazer?". Pensam ainda durante a execução e têm tendência para rever tudo o que fizeram (só após uma ou mais revisões é que dizem "já terminei").*

*Sai de casa e vai à lavandaria deixar o saco da roupa suja (parte superior do mapa);  
Depois vai ao multibanco levantar dinheiro (parte superior do mapa);  
Seguidamente vai à papelaria comprar o envelope e o selo (parte superior do mapa);  
Para depois ir depositar a carta no correio (parte superior do mapa);*

*Seguindo para a casa de fotografias para levantar o rolo (parte central do mapa);*

*E o ir deixar a casa do amigo (parte central do mapa);*

*Depois compra pão na padaria e regressando a casa.*

*Neste nível existe planificação e a criança encontra a solução mais correcta para resolver o problema (tem em conta todos os constrangimentos, inclusive o do caminho mais curto).*

Consideramos que nos três primeiros níveis ainda não existe qualquer planificação da acção. Distinguímo-los porque, de qualquer modo, pareceu-nos que as crianças do 3º nível já fazem um esforço para organizar as acções, embora sem o conseguirem.

O 4º nível é um nível de transição. As crianças começam a preocupar-se em organizar sequências de acção tendo em conta os condicionamentos da tarefa mas não conseguem coordenar todos os elementos, nomeadamente encontrar o caminho mais curto e ter em conta os outros constrangimentos (por exemplo, andar com o mínimo de peso e de coisas na mão).

Nos 5º e 6º níveis já existe planificação da acção. As crianças destes níveis organizam as acções tendo em conta os constrangimentos impostos, mas as do 5º nível ainda não conseguem encontrar o caminho mais curto.

Apresentamos de seguida a distribuição das crianças de cada classe por cada um dos níveis no pré e no pós-teste.

	Classe Experimental	
	Pré	Pós
Nível 1	1	0
Nível 2	0	0
Nível 3	4	3
Nível 4	4	1
Nível 5	5	9
Nível 6	2	3

Como podemos ver no quadro acima as crianças da classe experimental, na sua globalidade, evoluíram do pré para o pós-teste. Uma criança evoluiu do nível 1 para o 3, outra do nível 3 para o 5, três evoluíram do nível 4 para o 5 e duas do nível 5 para o 6 (sete crianças no total evoluíram do pré para o pós-teste, seis delas para os dois níveis mais exigentes).

Oito crianças mantiveram-se no mesmo nível do pré para o pós-teste (duas no nível 3, uma no 4 e quatro no nível 5).

Só uma criança regrediu do pré para o pós-teste, do nível 6 para o nível 5.

Na globalidade, enquanto no pré-teste existiam nove crianças nos 4 primeiros níveis (em que não existe planificação) e sete nos dois últimos (em que existe planificação), no pós-teste os resultados inverteram-se, i.e., doze crianças situaram-se nos dois níveis mais exigentes e apenas quatro nos níveis em que ainda não existe planificação. Parece pois que o método instrutivo associado à aprendizagem do Logo praticado na C.E., apoiou estas crianças a melhor planificar as suas acções. Estes resultados clarificam os obtidos com a análise quantitativa. Do pré para o pós-teste um número significativo de crianças (12 em 16, i.e., 75%) aprendeu a encontrar caminhos mais curtos ou mesmo o caminho mais curto, tendo em conta todos os constrangimentos da prova.

Classe Controlo 1		
	Pré	Pós
Nível 1	3	2
Nível 2	1	0
Nível 3	4	3
Nível 4	4	3
Nível 5	2	3
Nível 6	2	5

Como podemos observar no quadro acima as crianças da classe de controlo 1, na sua globalidade, evoluíram do pré para o pós-teste. Duas evoluíram do nível 1 para o 3, duas do nível 3 para o 5, uma do 3 para o 4,

uma do 4 para o 5, uma do 4 para o 6, e, finalmente, duas do 5 para o 6 (no total nove das dezasseis crianças evoluíram do pré para o pós-teste, seis delas para os níveis mais exigentes)

Sete crianças mantiveram-se no mesmo nível do pré para o pós-teste (duas no nível 1, uma no nível 3, duas no nível 4 e duas no nível 6).

Na globalidade, enquanto no pré-teste existiam doze crianças nos 4 primeiros níveis (em que não existe planificação) e quatro nos dois últimos (em que existe planificação), no pós-teste os resultados melhoraram pois oito crianças situaram-se nos dois níveis mais exigentes e igual número nos níveis em que não existe ainda planificação. Parece pois que, embora sem resultados tão expressivos quanto os das crianças da classe experimental, as crianças da classe de controlo 1, aprenderam a melhor planificar as suas acções. Estes resultados são congruentes com os obtidos na análise quantitativa, i.e., só metade das crianças (50%) se situaram nos dois níveis onde existe planificação da acção. A outra metade não aprendeu a melhor organizar a acção.

Embora a percentagem de crianças da C.E. que aprendeu a melhor planificar seja nitidamente superior à percentagem de crianças da C.C.1, os resultados da análise de variância, como vimos na análise quantitativa dos resultados, mostraram que estas diferenças não eram significativas.

Classe Controlo 2		
	Pré	Pós
Nível 1	3	3
Nível 2	1	0
Nível 3	2	1
Nível 4	6	7
Nível 5	3	4
Nível 6	1	1

Como se pode ver no quadro acima as crianças da classe de controlo 2, na sua globalidade, não evoluíram do pré para o pós-teste. Só quatro crianças melhoraram ligeiramente, uma do nível 1 para o 3, outra do nível 3 para o 4, ainda outra do nível 2 para o 4, e, finalmente outra do 4 para o 5.

Onze crianças mantiveram-se no mesmo nível e uma regrediu do nível 3 para o 1.

Se tivermos em conta que quatro crianças dos níveis mais elementares onde ainda não existe planificação (três do nível 1 e uma do nível 4 que não evoluíram, aumentaram ainda o comprimento do caminho do pré para o pós-teste) e que uma das crianças que passa de um nível onde não existe planificação (nível 4) para um em que existe (nível 5) mas que aumenta bastante o comprimento do caminho, podemos perceber porque é que os resultados da análise estatística (médias/desvios padrão e análise da variância) mostraram que as crianças desta classe evidenciaram resultados inversos aos das crianças da classe experimental e que estes resultados são estatisticamente significativos.

De facto, enquanto no pré-teste existiam doze crianças nos 4 primeiros níveis (em que não existe planificação) e quatro nos dois últimos (em que existe planificação), no pós-teste os resultados não melhoraram, pois onze crianças mantiveram-se nestes níveis, tendo apenas uma evoluído do nível 4 para o 5, onde já existe planificação (ter em conta os constrangimentos da tarefa) mas, em contrapartida, aumentando bastante o comprimento do percurso.

Os resultados destas crianças, embora piores do que os das crianças da classe de controlo 1, não se mostraram estatisticamente significativos.

### **Síntese final**

As análises quantitativa e qualitativa dos resultados da prova de planeamento mostram que o Logo, por si-só, não apoia as crianças a saber melhor planificar a acção, i.e., a organizar um conjunto de acções, segundo certos constrangimentos, tendo em vista alcançar um objectivo da forma mais económica. Contudo, a aprendizagem do Logo associada a um método instrutivo estruturado, parece ter influência na melhoria da capacidade de planificar, como evidenciam os resultados positivos das crianças da C.E. e também da C.C.1. Estes resultados são ainda mais positivos quando, a par de um método instrutivo estruturado, se apoiam as crianças a ver a aplicação desta competência noutras situações, como o foi feito na C.E.

Contudo, a ausência de significado estatístico dos resultados das crianças da C.E. e da C.C.1 parece indicar que se deveria mais frequente e sistematicamente ter apoiado as crianças da C.E. a aplicar esta competência noutras situações, i.e., ensiná-las a descontextualizar.



## Resultados da prova de geometria

Um dos objectivos desta tese é o de utilizar o Logo como um meio para que as crianças aprendam algumas noções geométricas, i.e., como uma ferramenta pedagógica que apoie as crianças a estruturar o conhecimento da geometria. Trata-se de um objectivo congruente com uma das intenções do seu criador, que postulou que os gráficos da tartaruga são um meio para ensinar a geometria (cf. Papert, 1980; Abelson & diSessa, 1980). Este foi ainda o principal motivo que levou as professoras das três classes a desejarem introduzir a aprendizagem desta linguagem de programação no contexto das actividades escolares. De facto, pareceu-lhes que a aprendizagem do Logo seria um bom meio de ligar a observação perceptiva das propriedades das figuras geométricas e do espaço com as transformações procedurais de um objecto no ecrã (a tartaruga) que reproduz estas propriedades.

É que como referem Leher et al. (1988) *"esta linguagem fornece um meio de relacionar dois sistemas de representação: conhecimento das propriedades das figuras e o estado correspondente dos operadores requeridos para construir o padrão equivalente na geometria da tartaruga"* (p. 86). Do ponto de vista do modelo associacionista da organização dos conhecimentos na memória a longo prazo, particularmente do modelo de 'activação da propagação' (*spreading activation*) (cf. Anderson, 1983; Collins & Quillian, 1969; Collins & Loftus, 1975; Smith, 1978), estas estruturas integradas de conhecimento são mais fáceis de recuperar porque oferecem múltiplas codificações de um conceito com os correspondentes caminhos de acesso a esse mesmo conceito. *"Estas estruturas integradas de conhecimento são mais facilmente activadas quando precisamos de as utilizar"* (Bransford, Sherwood & Reisser, 1986, citados por Leher et al., 1988), ou dito de outro modo, é mais fácil colocá-las na memória de trabalho quando delas necessitamos. O Logo, em princípio, oferece estas possibilidades. Mas elas também

dependem do método instrutivo utilizado, como as investigações de Leher et al. (1988) o mostraram. Daí que a questão de investigação que formulamos fosse a seguinte: Será que as crianças da C.E. melhoraram relativamente às crianças das classes de controle (C.C.1 e C.C.2) na aprendizagem da geometria que faz parte do programa do 1º ciclo? Ou dito de outro modo, será que o ambiente de aprendizagem do Logo desenvolvido na C.E. ajudou os alunos a reestruturar os conhecimentos de geometria?

A resposta a esta pergunta tinha para nós grande importância, pois uma das sub-hipóteses deste trabalho de investigação era a de que as crianças da C.E., que aprenderam a programar em Logo para realizar projectos com conteúdos geométricos, e não aprenderam o Logo e a geometria como duas entidades separadas, adquiririam um conhecimento mais compreensivo e avançado do que as crianças das duas C.'s C. (Estas também utilizaram o Logo para aprender conceitos geométricos, mas as professoras tiveram dificuldades em explorar as potencialidades do Logo para a aprendizagem de noções geométricas. Além disso, as crianças destas duas classes não avançaram muito no conhecimento do próprio Logo. Parece-nos que o trabalho que foi feito por estas duas professoras, cada uma com o seu estilo e método pedagógico próprios, é representativo do que se passa nas classes regulares que utilizam o computador).

Os resultados da prova de Geometria ajudar-nos-ão a responder a esta questão.

Vamos apresentar os resultados tendo como referência a classificação das questões, que foram elaboradas de acordo com o programa de geometria do 1º ciclo e a teoria de Van Hiele e cotadas de acordo com esta teoria (como já vimos no capítulo anterior, relativo à metodologia).

Relembrando os aspectos mais importantes.

A prova está dividida em dois grandes blocos: um bloco de questões fechadas e semi-fechadas (induzidas) e um bloco de questões abertas (produzidas). As questões fechadas foram agrupadas em dois tipos, i.e., as que não fazem apelo a conhecimentos do Logo, denominadas GEOSLOG, e as que fazem apelo a esses conhecimentos, GEOCLOG. As primeiras

pretendiam avaliar o conhecimento de geometria adquirido pelas crianças independentemente de o relacionarem ou não com o Logo. As segundas avaliam a compreensão que as crianças tinham das ligações entre o conhecimento do Logo e o conhecimento da geometria. Por exemplo, questões sobre o quadrado incluíam as de *“como fazes um quadrado no Logo?”*, (que implica o conhecimento do procedimento), *“no quadrado os lados têm todos o mesmo comprimento (tamanho)?”* (que implica conhecimento das propriedades), *“que parte do procedimento te diz isso?”* (o que implica conhecimento da relação entre o procedimento e a propriedade), e *“Porque é que viras 90° e não 120° para fazer um quadrado em Logo?”* (expressão do conhecimento da relação entre propriedades na linguagem Logo).

Estes dois grandes grupos de questões foram ainda classificados de acordo com o seu grau de dificuldade, tendo como referência a teoria dos níveis de Van Hiele: nível 1 —visual, nível 2— descritivo 1 e nível 3 —descritivo 2. Tendo em conta estes critérios temos os seguintes agrupamentos de questões, cada um funcionando como uma variável:

nível 1 - visual (questões 1, 6.1, 6.2, 11, 12 e 13) .....	GEO1SLOG	(8)
nível 2 - descritivo1 sem Logo (questões 7.1, 7.2, 7.3) .....	GEO2SLOG	(3)
nível 2 - descritivo 1 com Logo (questões 3.2, 4.2, 5.1, 14.2, 14.3, 20.2, 20.4, 20.5 .....	GEO2CLOG	(8)
nível 3- descritivo 2 sem Logo (questões 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 4.1, 8, 9, 10, 14.1, 15, 16, 20.1) .....	GEO3SLOG	(20)
nível 3 - descritivo 2 com Logo (questões 3.3, 3.4, 4.3, 4.4, 5.2, 14.4, 20.3) .....	GEO3CLOG	(7)
cada pergunta tinha uma resposta certa (1 valor) ou errada (0 valores).		

As questões abertas (conhecimento produzido) - foram classificadas como certas ou erradas e situadas nos níveis acima descritos..... GEOABE (9)

As respostas das crianças às 9 questões abertas foram também analisadas de acordo com a teoria de Van Hiele. Eram questões que faziam apelo à compreensão e raciocínio sobre conceitos geométricos. Por exemplo, *“Em que são ‘semelhantes’ (iguais) um quadrado e um rectângulo? e em que são diferentes?”*, *“O que tens de fazer para transformar um rectângulo num quadrado?”* e *“em que é que um triângulo equilátero é ‘semelhante’ (igual) a um quadrado?”*. As respostas a estas questões foram categorizadas de acordo com a teoria de Van Hiele. Isto é, respostas como

*“não são os dois redondos, têm cantos”,* foram categorizadas como pertencendo ao nível 1 (nível visual). Do mesmo modo, respostas como *“o triângulo tem três lados e o quadrado tem quatro”* e *“o triângulo tem três ângulos e o quadrado tem quatro”*, foram classificadas com pertencendo ao nível 2 (nível descritivo 1). Finalmente, respostas como *“são parecidos porque a soma dos ângulos externos de um triângulo é de 360° e a do quadrado também”*, foram classificadas como pertencendo ao nível 3 (descritivo 2), pois implica um raciocínio relacional mais abstracto (teórico) do que as respostas do nível 2, que são puramente descritivas, i. e., descrevem as propriedades a um nível perceptivo.

Analisemos então os resultados. Primeiro apresentamos as médias e desvios padrão para as questões fechadas por variável e grupo/classe e depois a análise de variância no conjunto das variáveis referentes às questões fechadas. O teste de Sheffé permitir-nos-á verificar que grupos diferem uns dos outros em termos de resultados. Finalmente, apresentamos os resultados referentes às questões abertas: médias e desvios padrão por nível, análise da variância e teste de Scheffé.

## **Análise dos resultados das questões fechadas**

### **Médias e desvios padrão**

	GEO1SLOG		GEO2CLOG		GEO2SLOG		GEO3CLOG		GEO3SLOG		
	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Dev.Pad.	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	N
C.E.	6,2143	1,5719	3,4286	1,9135	2,8571	,5909	2,9286	1,9231	10,6071	4,6773	28
C.C.1	5,2174	1,4446	1,0870	,9493	2,5652	,5898	1,1304	,9679	7,2609	3,1510	23
C.C.2	4,2308	1,6324	,5000	,7616	2,1923	1,0961	,3846	,6373	5,8077	2,7132	26
T.	5,2468	1,7484	1,7403	1,8596	2,5455	,8358	1,5325	1,7136	7,9870	4,1691	77

Uma análise sumária do quadro acima transcrito permite verificar que as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas C.C. em todos os sub-conjuntos de questões da prova de geometria. As médias são sempre mais elevadas, quer nos níveis mais elementares de conhecimento geométrico (nível 1) quer nos mais avançados (níveis 2 e 3).

As crianças da C.C.2 foram as que obtiveram piores resultados. Esta análise descritiva, embora útil, não nos permite saber se estas diferenças de resultados entre grupos são significativas. Foi a análise de variância efectuada (multivariada e univariada) que seguidamente transcrevemos que nos permitiu responder a esta questão.

### Análise da variância

EFFECT .. GRUPO

#### Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 1, N = 34)

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth.DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,56932	5,65072	10,00	142,00	,000
Hotellings	1,15732	7,98550	10,00	138,00	,000
Wilks	,45313	6,79775	10,00	140,00	,000
Rois	,52669				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Nota: Mantivemos e manteremos os títulos em inglês, conforme são fornecidos pelo programa estatístico utilizado - SPSS, pois pareceu-nos inútil traduzir.

#### Univariate F-tests with (2;74) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
GEO1SLOG	53,06897	179,24271	26,53449	2,42220	10,95471	,000
GEO2CLOG	129,62196	133,18323	64,81098	1,79977	36,01064	,000
GEO2SLOG	5,97170	47,11921	2,98585	,63675	4,68923	,012
GEO3CLOG	92,54915	130,61968	46,27457	1,76513	26,21594	,000
GEO3SLOG	327,83520	993,15182	163,91760	13,42097	12,21354	,000

Os resultados da análise da variância multivariada e univariada mostram que os grupos diferem significativamente entre si nos resultados, tomados no seu conjunto e separadamente, pois os valores de 'p' são todos inferiores a .05. No entanto, esta análise não nos permite saber que grupos diferem significativamente entre si em termos de resultados. Foi a análise de variância —oneway anova— e os testes de Scheffé, que seguidamente apresentamos, que nos permitiram responder a esta interrogação. Vamos apresentar os resultados desta análise por sub-conjunto de questões ou variáveis: GEO1SLOG, GEO2CLOG, GEO2SLOG, GEO3CLOG e GEO3SLOG.

## Variável GEO1SLOG

### Resultados por GRUPO

#### Análise da variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	53,0690	26,5345	10,9547	,0001
Within Groups	74	179,2427	2,4222		
Total	76	232,3117			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean	
Grp 1	28	6,2143	1,5719	,2971	5,6048 TO	6,8238
Grp 2	23	5,2174	1,4446	,3012	4,5927 TO	5,8421
Grp 3	26	4,2308	1,6324	,3201	3,5714 TO	4,8901
Total	77	5,2468	1,7484	,1992	4,8499 TO	5,6436

Grupo	Mínimo	Máximo
Grp 1	4,0000	8,0000
Grp 2	3,0000	8,0000
Grp 3	1,0000	7,0000
TOTAL	1,0000	8,0000

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq 1,1005 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$   
 with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G  
 r r r  
 p p p  
 3 2 1

Média GRUPO

4,2308 Grp 3  
 5,2174 Grp 2  
 6,2143 Grp 1 \*

A análise estatística dos resultados acima descrita mostra que para o conjunto de questões da prova de geometria classificadas no nível 1 de Van Hiele — nível visual — e que não faziam apelo a conhecimentos do Logo, as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as das duas classes de controlo. Contudo, estes resultados só são significativamente superiores aos do grupo 3 (C.C.2). Os resultados das crianças das duas classes de

controlo não diferem significativamente entre si. Mesmo ao nível mais elementar, nível visual, as crianças da C.E. aprenderam a melhor distinguir figuras geométricas do que as crianças das duas C.'s C. mas esta aprendizagem só é significativamente superior à das crianças da C.C.2 (grupo 3). Estas tiveram sobretudo dificuldade em discriminar figuras geométricas que lhes eram apresentadas numa posição espacial diferente à que comumente visualizam e realizaram no Logo. O mesmo se passou com a distinção visual dos vários tipos de ângulos. Este facto pode estar relacionado com o método instrutivo da professora em causa, quer na aprendizagem do Logo quer na aprendizagem da geometria sem o Logo. Sabemos que esta professora privilegiava o trabalho com a língua materna (leitura e escrita) e que a professora da outra classe de controlo tinha uma maior empatia com a matemática. Esta parece-nos a razão mais plausível para explicar as diferenças de resultados a este nível, pois o nível de domínio da linguagem Logo é semelhante nestas duas classes (como analisaremos posteriormente) e estas questões não faziam apelo a conhecimentos Logo. Os resultados não significativamente superiores da C.E. face aos resultados da C.C.1, podem estar relacionadas com o já referido gosto da professora desta classe pela matemática.

#### Variável GEO2CLOG

##### Resultados por GRUPO

##### Análise da Variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	129,6220	64,8110	36,0106	,0000
Within Groups	74	133,1832	1,7998		
Total	76	262,8052			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	28	3,4286	1,9135	,3616	2,6866 TO 4,1705
Grp 2	23	1,0870	,9493	,1979	,6764 TO 1,4975
Grp 3	26	,5000	,7616	,1494	,1924 TO ,8076
Total	77	1,7403	1,8596	,2119	1,3182 TO 2,1623

Grupo	Mínimo	Máximo
Grp 1	,0000	8,0000
Grp 2	,0000	3,0000
Grp 3	,0000	3,0000
TOTAL	,0000	8,0000

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level .05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq .9486 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$   
 with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

		G G G
		r r r
		p p p
		3 2 1
Média	GRUPO	
,5000	Grp 3	
1,0870	Grp 2	
3,4286	Grp 1	**

A análise estatística dos resultados acima descrita mostra que para o conjunto de questões da prova de geometria classificadas no nível 2 de Van Hiele —nível descritivo 1— que faziam apelo a conhecimentos do Logo, as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas classes de controlo e estes resultados são significativamente superiores. Os resultados das crianças das duas classes de controlo não diferem significativamente entre si. As crianças da C.E. aprenderam a melhor relacionar os dois sistemas de representação, o sistema Logo e o sistema Euclidiano, pois estabeleceram ligações significativas entre as propriedades das figuras e os procedimentos Logo. Além disso, o Logo ajudou-as a evoluir de um conhecimento puramente visual para um conhecimento descritivo das propriedades das figuras. O mesmo não se passou com as crianças das duas classes de controlo, embora tenham utilizado o Logo. Talvez o método instrutivo utilizado pelas professoras não tenha apoiado estas crianças a estabelecerem as ligações entre os procedimentos Logo e as propriedades das figuras. De facto, as observações que fizemos nestas duas classes ao longo da experiência, mostraram que raramente as crianças eram apoiadas a reflectir, quer dizer,



a relacionar estas duas dimensões. Contudo, esta foi uma das preocupações centrais do método instrutivo utilizado na C.E.

#### Variável GEO2SLOG

#### Resultados por GRUPO

#### Análise da Variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	5,9717	2,9859	4,6892	,0121
Within Groups	74	47,1192	,6367		
Total	76	53,0909			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	28	2,8571	,5909	,1117	2,6280 TO 3,0863
Grp 2	23	2,5652	,5898	,1230	2,3102 TO 2,8203
Grp 3	26	2,1923	1,0961	,2150	1,7496 TO 2,6351
Total	77	2,5455	,8358	,0952	2,3558 TO 2,7352

Grupo	Mínimo	Máximo
Grp 1	,0000	3,0000
Grp 2	1,0000	3,0000
Grp 3	,0000	3,0000
TOTAL	,0000	3,0000

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq ,5642 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$   
 with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G  
 r r r  
 p p p  
 3 2 1

Média	Grupo
2,1923	Grp 3
2,5652	Grp 2
2,8571	Grp 1

A análise estatística dos resultados acima descrita mostra que para o conjunto de questões da prova de geometria classificadas no nível 2 de Van Hiele —nível descritivo1— e que não faziam apelo a conhecimentos do

Logo, as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as das duas classes de controlo. Contudo estes resultados são significativamente superiores aos do grupo 3 (C.C.2), mas o mesmo não se verifica em relação aos do grupo 2 (C.C.1). Os resultados das crianças das duas classes de controlo não diferem de modo significativo. As interpretações anteriormente feitas continuam a ser pertinentes face a estes resultados.

#### Variável GEO3CLOG

Resultados por GRUPO

#### Análise da Variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	92,5491	46,2746	26,2159	,0000
Within Groups	74	130,6197	1,7651		
Total	76	223,1688			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
Grp 1	28	2,9286	1,9231	,3634	2,1829 TO 3,6743
Grp 2	23	1,1304	,9679	,2018	,7119 TO 1,5490
Grp 3	26	,3846	,6373	,1250	,1272 TO ,6420
Total	77	1,5325	1,7136	,1953	1,1435 TO 1,9214

Grupo	Mínimo	Máximo
Grp 1	,0000	7,0000
Grp 2	,0000	3,0000
Grp 3	,0000	2,0000
TOTAL	,0000	7,0000

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$MEAN(J)-MEAN(I) \geq ,9394 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

```

G G G
r r r
p p p
3 2 1

```

Média GRUPO

```

,3846 Grp 3
1,1304 Grp 2
2,9286 Grp 1  **

```

A análise estatística dos resultados acima descrita mostra que para o conjunto de questões da prova de geometria classificadas no nível 3 de Van Hiele —nível descritivo 2— e que faziam apelo a conhecimentos do Logo, as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas classes de controlo e estes resultados são significativamente superiores. Os resultados das crianças das duas classes de controlo não diferem de modo significativo.

#### Variável GEO3SLOG

Resultados por GRUPO

#### Análise da Variância

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	327,8352	163,9176	12,2135	,0000
Within Groups	74	993,1518	13,4210		
Total	76	1320,9870			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int-for Mean
Grp 1	28	10,6071	4,6773	,8839	8,7935 TO 12,4208
Grp 2	23	7,2609	3,1510	,6570	5,8983 TO 8,6235
Grp 3	26	5,8077	2,7132	,5321	4,7118 TO 6,9036
Total	77	7,9870	4,1691	,4751	7,0407 TO 8,9333

Grupo	Mínimo	Máximo
Grp 1	4,0000	19,0000
Grp 2	2,0000	14,0000
Grp 3	2,0000	12,0000
TOTAL	2,0000	19,0000

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq 2,5905 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$   
 with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G  
 r r r  
 p p p  
 3 2 1

Média GRUPO

5,8077 Grp 3  
 7,2609 Grp 2  
 10,6071 Grp 1 \*\*

A análise estatística dos resultados acima apresentada mostra que para o conjunto de questões da prova de geometria classificadas no nível 3 de Van Hiele —nível descritivo2— e que não faziam apelo a conhecimentos do Logo, as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as das duas classes de controlo e estes resultados são significativamente superiores. Os resultados das crianças das duas classes de controlo não diferem significativamente entre si. Mais uma vez se mostra que as crianças da C.E. evoluíram para conhecimentos de geometria de nível superior aos das crianças das duas classes de controlo e que estes conhecimentos se traduziram em resultados significativamente superiores aos resultados obtidos pelas crianças das duas C.'s C.

**Em síntese:** a análise estatística dos resultados das questões fechadas da prova de geometria comprova uma das hipóteses desta investigação, i.e., que a aprendizagem do Logo associada à aprendizagem da geometria e a um método instrutivo semi-estruturado e colaborativo, apoia as crianças a desenvolverem o conhecimento de algumas noções geométricas, nomeadamente de ângulo, círculo e polígonos regulares. De facto, as crianças da classe experimental, evoluíram do nível 1 —visual— para o nível 2 e 3 —descritivo 1 e 2— e esta evolução é significativamente superior à das crianças das duas classes de controlo, mesmo quando as questões não fazem apelo a conhecimentos do Logo, mas apenas a conhecimentos de geometria. O Logo é pois um bom instrumento para desenvolver o pensamento geométrico e aprender algumas noções que fazem parte do programa do 1º ciclo da escolaridade básica. O que distingue as questões de nível 1 das questões dos níveis 2 e 3 é a passagem de um conhecimento meramente visual ou de pensamento espacial (em que a criança sabe identificar visualmente várias figuras geométricas, como ângulos, linhas rectas e perpendiculares, quadrados e triângulos, pela sua aparência perceptiva) para um conhecimento descritivo ou de pensamento espacial geométrico (em que se começa a estabelecer uma relação entre as propriedades das figuras observadas no nível 1; a criança sabe não só descrever as propriedades de cada figura, mas ainda

sabe relacionar propriedades entre figuras; sabe, por exemplo, que um quadrado tem quatro lados iguais e quatro ângulos rectos e que é um caso particular de um rectângulo. Neste nível as figuras deixam de ser percebidas exclusivamente como totalidades visuais —‘*visual network*’— e passam a ser observadas como conjuntos de características e propriedades, algumas delas partilhadas com outras figuras geométricas —‘*descriptive network*’). A distinção de dois níveis descritivos —1 e 2— embora não seja formulada por Van Hiele, pareceu-nos adequada pois existe uma fronteira qualitativa entre o saber descrever as propriedades das figuras tomadas isoladamente (nível descritivo1) e o saber explicar porque existem algumas dessas propriedades e ser-se capaz de as relacionar (nível descritivo 2).

Apresentamos seguidamente os resultados obtidos nas questões abertas. Seguimos o mesmo método utilizado para apresentar os resultados das questões fechadas: primeiro uma análise descritiva das médias e desvios padrão e depois a análise multivariada e univariada da variância; finalmente os resultados dos testes de Scheffé que permitem determinar que grupos se distinguem significativamente em termos de resultados.

### **Análise dos resultados das questões abertas**

#### **Médias e desvios padrão**

	GEO1ABE		GEO2ABE		GEO3ABE		N
	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	
G1 (C.E.)	,0714	,2623	1,9286	1,3589	2,0714	2,1069	28
G2 (C.C1)	,1739	,3876	1,9130	1,4433	,7826	,9023	23
G3 (C.C2)	,6538	1,0561	1,3462	1,0933	,6923	1,0870	26
Total	,2987	,7083	1,7273	1,3143	1,2208	1,6192	77

Esta análise descritiva dos resultados mostra que as crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas C.'s C. pois produziram mais respostas dos níveis 2 e 3 (descritivos 1 e 2), que são as respostas mais evoluídas em termos de conhecimento geométrico. As médias dos resultados são mais elevadas nas respostas do nível 3 e

menores nas de nível 1. Se estes resultados são positivos e mostram que existem diferenças entre os grupos, sobretudo entre as crianças da C.E. e as crianças das duas C.'s C., eles não nos permitem saber se são estatisticamente significativos. Foi a análise de variância, abaixo sumariada, que nos permitiu responder a esta questão.

### Análise da variância

Resultados por GRUPO

Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 0, N = 35 )

Test Name	Value	Approx. F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,30623	4,39946	6,00	146,00	,000
Hotellings	,38671	4,57607	6,00	142,00	,000
Wilks	,70967	4,48946	6,00	144,00	,000
Roys	,23998				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

A análise da variância dos resultados das questões abertas da prova de geometria, acima transcrita, mostra que os três grupos diferem em termos dos resultados, pois os valores de 'p' são inferiores a .05. Contudo, esta análise não nos diz que grupos se distinguem de que grupos nem em que tipo de questões (níveis 1, 2 e 3). São as análises que seguidamente descrevemos que nos permitem responder a estas interrogações.

### Univariate F-tests with (2,74) D. F.

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
GEO1ABE	5,08376	33,04611	2,54188	,44657	5,69203	,005
GEO2ABE	5,70488	125,56785	2,85244	1,69686	1,68101	,193
GEO3ABE	31,93811	167,30865	15,96905	2,26093	7,06305	,002

A ANOVA mostra que os três grupos diferem nas questões classificadas no nível 1 e no nível 3 ( $p < .05$ ) mas não diferem nas de nível 2 ( $p > .05$ ). A oneway ANOVA e o teste de Scheffé que seguidamente sumariamos mostra que grupos diferem de que grupos nestas variáveis.

### Variável GEO1ABE

#### Resultados por GRUPO

#### Análise da variância (oneway anova)

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	5,0838	2,5419	5,6920	,0050
Within Groups	74	33,0461	,4466		
Total	76	38,1299			

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level ,05

The difference between two means is significant if

$$\text{MEAN}(J) - \text{MEAN}(I) \geq ,4725 * \text{RANGE} * \text{SQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G  
r r r  
p p p  
1 2 3

Média	GRUPO
,0714	Grp 1
,1739	Grp 2
,6538	Grp 3    **

Esta análise mostra que as crianças da C.C.2 (grupo 3) produziram mais respostas do nível 1 do que as crianças da C.C.1 e do que as crianças da C.E. e que estes resultados são estatisticamente significativos. Os resultados destes dois últimos grupos não são significativamente diferentes. Mais uma vez se prova que as crianças da C.C.2 evoluíram menos no conhecimento da geometria do que as crianças da C.E. e mesmo do que as da C.C.1.

### Variável GEO3ABE

#### Resultados por GRUPO

#### Análise da variância (oneway anova)

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	31,9381	15,9691	7,0631	,0016
Within Groups	74	167,3086	2,2609		
Total	76	199,2468			

#### Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level .05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq 1,0632 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$   
with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	G G G	
	r r r	
	p p p	
	3 2 1	
Média	GRUPO	
,6923	Grp 3	
,7826	Grp 2	
2,0714	Grp 1	**

Como se pode confirmar pelos resultados da oneway ANOVA e do teste de Scheffé acima descritos, as crianças da C.E. (grupo1) obtiveram resultados significativamente superiores às das duas C.'s C. nas questões abertas classificadas no nível 3. As duas classes de controlo não diferem significativamente entre si.

Parece pois que o Logo, associado à aprendizagem da geometria e num ambiente instrutivo semi-estruturado e colaborativo, apoiou as crianças da C.E. a produzir mais respostas do nível 3 (nível mais exigente).

#### Síntese Final

Fazendo uma análise global dos resultados da prova de geometria podemos dizer que as crianças da C.E. evoluíram no conhecimento geométrico e esta evolução é significativamente superior à das crianças das duas classes de controlo, nomeadamente no que concerne ao nível mais exigente — nível 3. A maioria destas crianças aprenderam a raciocinar no nível descritivo 2, i. e., a estabelecer uma rede de relações entre as propriedades das figuras geométricas, relacionando este conhecimento com os procedimentos do Logo que as permitem construir. Estes resultados contrastam com as respostas de nível visual e descritivo 1 dadas pela maioria das crianças das duas classes de controlo e com as respostas da maioria das crianças destas idades, como as investigações de Leher et al.



(1988) o mostraram. Parece pois razoável afirmar que o Logo, associado à aprendizagem explícita de certas noções geométricas e num ambiente instrutivo semi-estruturado e colaborativo, apoia as crianças a adquirir, reestruturar e relacionar conhecimentos geométricos.

## 9

### Resultados da prova Logo

Apresentamos seguidamente os resultados da prova Logo 1ª versão, aplicada às crianças das três classes, em meados do mês de Fevereiro (após as férias de Carnaval). Uma versão mais completa foi também desenvolvida (2ª versão) para ser aplicada às crianças no final da experiência e antes da passagem das provas de transferência e de geometria.

Esta prova, em ambas as versões, tinha como objectivo avaliar o nível de conhecimento Logo que as crianças dos três grupos haviam adquirido. Com efeito, definimos como uma das condições necessárias para se verificarem efeitos de transferência nas competências cognitivas e nos conhecimentos geométricos, um bom domínio do alfabeto e da sintaxe e semântica do Logo. Além disso, queríamos saber se o método de ensino utilizado por cada professora tinha influência na aquisição de conhecimentos do próprio Logo.

Os resultados da primeira versão serviram ainda para informar as professoras e as crianças dos seus progressos e dificuldades (avaliação formativa) e, deste modo, saber que aspectos precisavam de ser mais trabalhados.

Os resultados da segunda versão permitiriam averiguar o nível de conhecimentos Logo que cada classe atingiu no final do ano escolar e correlacioná-los com os resultados da prova de geometria e os resultados das provas de transferência. Estas correlações poderiam ajudar-nos a determinar se um melhor domínio da sintaxe e semântica do Logo se relaciona ou não com os resultados das provas de transferência e de geometria e o sentido, positivo ou negativo, dessa eventual relação. No entanto, esta segunda versão só foi aplicada às crianças da C.E. pois não foi possível, no final do ano escolar, encontrar uma oportunidade para a aplicar às crianças das duas classes de controlo. Por isso, consideramos apenas os resultados da primeira versão, passada no meio do ano escolar.

A consideração dos trabalhos produzidos em Logo pelas crianças das três classes em três momentos da aprendizagem (final do 1º período — Janeiro, final do 2º período — Março, e final do ano — Junho) em conjugação com os registos de observação efectuados em cada classe permitir-nos-ão fazer uma análise mais substantiva dos conhecimentos adquiridos no domínio do próprio Logo (o que será feito após apresentação dos resultados obtidos na prova Logo - 1ª versão).

Relembremos então os aspectos mais importantes da prova Logo - 1ª versão.

Esta prova foi desenvolvida para avaliar o nível de conhecimentos adquiridos nos comandos básicos ou primitivas (alfabeto da linguagem) e na sintaxe e semântica a dois níveis: predizer (efeitos gráficos de certas instruções e o inverso) e produzir (instruções para certos efeitos gráficos e o inverso).

Estes diferentes aspectos considerados na construção da prova têm a ver com observações informais das crianças e com os erros e dificuldades mais comuns que detectamos e com a análise de outras provas construídas, nomeadamente pelas equipas de Littlefield et al. (1988) e de De Corte et al. (1990).

A primeira versão era composta por:

17 questões sobre comandos .....	17 pontos (LOGCOM)
13 questões de previsão .....	13 pontos (LOGPRE)
9 questões de produção .....	9 pontos (LOGPRO)

Foram realizadas análises separadas para cada um dos três tipos questões e para o seu conjunto. Apresentamos primeiro as médias e desvios padrão para cada tipo de questões e depois a análise de variância e os testes de Scheffé para sabermos que grupos diferem significativamente entre si e em que aspectos.

### Médias e desvios padrão

	LOGOCOM		LOGPRE		LOGOPRO		N
	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	Méd.	Des.Pad.	
G1 (C.E.)	13,4286	2,6307	8,6429	2,0040	3,6429	2,2968	28
G2 (C.C.1)	7,8261	3,1573	9,1304	2,1385	3,1304	2,1806	23
G3 (C.C.2)	7,0385	2,6303	8,0769	1,7187	3,0385	2,3062	26
Total	9,5974	4,0271	8,5974	1,9752	3,2857	2,2528	77

Uma análise sumária destes resultados descritivos permite constatar que no final de quatro meses de aprendizagem do Logo as crianças da C.E. só obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas classes de controlo ao nível do conhecimento dos comandos ou primitivas básicas da linguagem — mas não ao nível da previsão e produção de conhecimentos de sintaxe e semântica do Logo. Estes resultados podem ter a ver com a preocupação que tivemos de explorar, de início, a aprendizagem das primitivas básicas da linguagem antes de avançarmos para uma aprendizagem mais dirigida e estruturada. Só após este período a aprendizagem mais estruturada do Logo começou a efectuar-se e a associar-se à aprendizagem das competências cognitivas. Veremos posteriormente, na análise dos trabalhos produzidos pelas crianças em Logo, como as duas classes de controlo pouco avançaram no conhecimento do Logo ao longo do ano lectivo, enquanto as da classe experimental progrediram bastante.

Passamos agora a apresentar os resultados da análise de variância e dos testes de Scheffé efectuados sobre os resultados desta prova - 1ª versão.

### Análise da variância

#### Resultados por grupo

#### Multivariate Tests of Significance (S = 2, M = 0, N = 35)

Test Name	Value	Approx.F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,65894	11,95631	6,00	146,00	,000
Hotellings	1,60173	18,95376	6,00	142,00	,000
Wilks	,37234	15,33164	6,00	144,00	,000
Rois	,60745				

Note.. F statistic for WILKS' Lambda is exact.

Estes resultados da Manova mostram que os três grupos diferem no conjunto das variáveis da prova Logo, pois os valores de 'p' são todos inferiores a .05. No entanto, não nos dizem em que sub-conjunto de resultados diferem entre si os grupos e se as diferenças são significativas. Foi a análise de variância univariada (anova e oneway anova) e os testes de Scheffé que nos permitiram responder a esta interrogação.

Univariate F-tests with (2;74) D. F. (anova)

Variable	Hypoth. SS	Error SS	Hypoth. MS	Error MS	F	Sig. of F
LOGOCOM	653,39645	579,12303	326,69823	7,82599	41,74531	,000
LOGOPRE	13,63606	282,88342	6,81803	3,82275	1,78354	,175
LOGOPRO	5,71548	379,99881	2,85774	5,13512	,55651	,576

Estes resultados mostram que os grupos só diferem significativamente entre si nos resultados de LOGCOM ( $p < .05$ ). Foi apenas sobre estes resultados que efectuamos a oneway anova e os testes de Scheffé, que seguidamente apresentamos.

LOGCOM oneway Anova

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	653,3965	326,6982	41,7453	,0000
Within Groups	74	579,1230	7,8260		
Total	76	1232,5195			

Multiple Range Tests: Scheffe test with significance level .05

The difference between two means is significant if  
 $MEAN(J) - MEAN(I) \geq 1,9781 * RANGE * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$   
 with the following value(s) for RANGE: 3,53

(\*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G  
 r r r  
 p p p  
 3 2 1

Média GRUPO

7,0385 Grp 3  
 7,8261 Grp 2  
 10,4200 Grp 1

Estes resultados confirmam que as crianças da C.E. só obtiveram melhores resultados do que as crianças das duas classes de controlo nas

respostas às questões referentes às primitivas do Logo. Esta diferença de resultados é estatisticamente significativa. Os resultados das crianças das duas classes de controlo não diferem significativamente entre si. Ao fim de quatro meses de aprendizagem do Logo, as crianças da C.E. só aprenderam melhor do que as crianças das duas C.'s C. os comandos ou primitivas da linguagem e isso de um modo estatisticamente significativo. Ao nível da aprendizagem da sintaxe e semântica do Logo as crianças dos três grupos evoluíram de igual modo. Como já referimos estes resultados não nos surpreendem. É pena não podermos apresentar os resultados da segunda versão Logo, mais complexa e completa, pois não foi possível passar esta versão no final do ano às crianças das duas classes de controlo, pelos motivos já referidos. Pensamos que se o tivéssemos feito encontraríamos agora diferenças entre os resultados das crianças da C.E. e as crianças das duas C.'s C., sobretudo nas questões referentes à produção de procedimentos. Devido a esta falha de informação, apresentamos seguidamente a análise dos trabalhos das crianças das três classes produzidos em Logo e recolhidos em dois momentos: no meio do ano lectivo (Fevereiro de 95) e no final (Junho de 95).

### **Análise dos trabalhos das crianças em Logo**

A análise dos trabalhos das crianças dos três grupos em dois momentos da aprendizagem (no meio e no final do ano escolar) permitem-nos determinar a evolução dos conhecimentos do Logo nas crianças de cada classe. Conjugando esta análise com a dos registos de observação efectuados nas classes, é possível emitir juízos valorativos sobre a quantidade e qualidade dos conhecimentos aprendidos.

Começamos então com os trabalhos em Logo produzidos pelas crianças ao fim de quatro meses de aprendizagem, pouco tempo antes de se passar a prova Logo 1ª versão, cujos resultados anteriormente analisamos.

### Classe Experimental

Ao fim de quatro meses de aprendizagem do Logo, as crianças do C.E. encontravam-se em 4 níveis diferentes:

grupo1 —nível superior, constituído por dois pares de crianças: usavam o comando Repete com primitivas e procedimentos e tinham iniciado a construção de um projecto —CASA; tinham construído os procedimentos para quadrado, rectângulo, triângulo equilátero, janela (4 quadrados) e casa.

#### Exemplo 1:

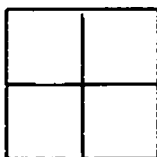
para quadrado  
repete 4 [ pf 80 vd 90 ]  
fim



para equilátero  
repete 3 [ pf 80 vd 120 ]  
fim



para janela  
repete 4 [ quadrado vd 90 ]  
fim

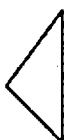


para casa  
lc pt 90 ve 90 pf 90 vd 90 lb  
quadrado  
pf 80 vd 90 pf 80 ve 180  
equilátero  
fim

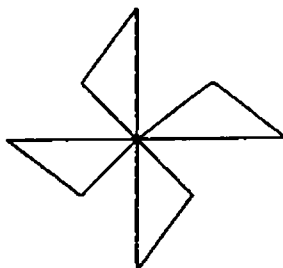


#### Exemplo 2:

Para triângulo  
vd 45  
pf 70  
vd 90  
pf 70  
vd 135  
pf 98  
fim



Para trevo  
repete 4 [ triângulo vd 180 ]  
fim



grupo2 —nível médio-superior, constituído por quatro pares de crianças, usavam o comando Repete com primitivas e procedimentos mas não tinham iniciado o projecto CASA; tinham construído o quadrado, o rectângulo, o triângulo equilátero e a janela, mas esta última de uma forma

menos económica. Vejamos alguns exemplos deste último procedimento, qualquer um deles com estratégias de programação pouco elegantes e económicas, mas que nos permitem ver como cada par de crianças percebia, no momento, a tarefa que lhes foi pedida e as possibilidades e restrições da linguagem para a executar.

#### Exemplo 1:

Para quadrado

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

fim



Para Janela

ve 90

quadrado

ve 90

quadrado

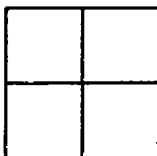
ve 90

quadrado

ve 90

quadrado

fim



Como vemos, este par de crianças não usou a iteração (utilização do comando repete só com primitivas) para construir o quadrado (que, no entanto, utilizou na construção de outras figuras geométricas como o rectângulo e o triângulo equilátero) e não usou a modularidade simples (utilização do comando repete com primitivas e procedimentos) para construir o procedimento Janela. Por isso, consideramos que estavam num nível inferior às crianças do grupo 1, pois saber utilizar este tipo de estratégias de programação implica um maior domínio da linguagem Logo e das possibilidades do computador, i.e, a sua capacidade para reproduzir acções e construir com base em acções elementares, agrupamentos de acções.

#### Exemplo 2:

para quadrado

repete 4 [ pf 20 vd 90 ]

fim



para metade

repete 4 [ pf 20 ve 90 ]

fim



para casa

quadrado metade

fim



para três

repete 4 [ pt 20 vd 90 ]

fim



para lado

repete 4 [ pf 20 ve 90 ]

fim



para tudo

metade quadrado três lado

fim



Este segundo exemplo ainda é mais representativo do modo como este par de crianças percebia e representava, neste momento da aprendizagem, a tarefa que lhes era pedida e as possibilidades da máquina em a produzir. Viram a figura Janela como a soma



de 4 quadrados, que tinham que programar separadamente e que nomearam de uma forma bastante expressiva da compreensão que tinham das possibilidades e restrições da linguagem.

grupo3 —nível médio, constituído por cinco pares de crianças, usavam o comando Repete com primitivas e procedimentos mas não tinham ainda conseguido construir o procedimento Janela nem iniciado o projecto CASA; tinham construído o quadrado, o triângulo equilátero, o rectângulo e outros procedimentos à sua escolha. Vejamos um exemplo da programação de Janela de um par de crianças deste nível.

Exemplo 1:

Para quadrado

lb

repete 4 [ pf 50 vd 90 ]

fim



Para segundo

repete 4 [ pf 50 ve 90 ]

fim



Para metade  
quadrado segundo

fim



Para terceiro  
vd 90 quadrado

fim



Para quarto  
ve 90 quadrado

fim



Para janela

.....

Como se pode ver ainda não tinham conseguido juntar todos os procedimentos num só.

grupo 4 —nível médio-fraco, constituído por dois pares de crianças, tinham construído ainda poucos procedimentos e só tinham programado metade de Janela. Vejamos um exemplo.

Exemplo 1:

Para quadrado

repete 4 [ pf 50 vd 90 ]

fim



Para quadrado1

repete 4 [ pf 50 ve 90 ]

fim



Para quadrado2  
quadrado quadrado1  
fim



Com base nos resultados da prova Logo 1ª versão (discutidos e analisados com as crianças) e nos resultados da análise destes trabalhos, o ensino do Logo (propostas e exercícios) começou a diferenciar-se por grupos. No entanto, a exploração livre, a discussão colectiva dos erros mais comuns, o planeamento de projectos e a troca de saberes entre as crianças continuaram a ser vectores orientadores do trabalho.

No final do ano, todas as crianças do C.E., embora diferenciadas pelos 4 níveis anteriormente assinaladas, produziram trabalhos em Logo mais complexos. Vejamos dois exemplos, um retirado do grupo de crianças mais avançadas e outro do grupo das menos avançadas.

#### Exemplo1

Grupo de crianças mais avançadas: tinham programado várias figuras geométricas, utilizando o comando repete, usavam a cor, programaram alguns projectos mais complexos, como por exemplo, o Bairro e o Palhaço, e, tinham começado a usar as variáveis.

para octogono

lc pf 20

lb

repete 8 [ pf 50 vd 45 ]

lc vd 90 pf 20 lb

fixacor 11

pinta

fim

Produz um octógono pintado

Para escada

pf 20

vd 90

pf 40

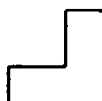
ve 90

pf 40

vd 90

pf 20

Fim



para cruz

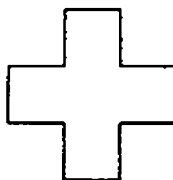
repete 4 [ escada ]

vd 90 lc pf 10 lb

fixacor 5

pinta

fim



Para rua

repete 5 [ casa lc vd 90 pf 60 ve 90 lb ]

fim

Faz um Bairro

Para quad : lad

repete 4 [ vd 90 lad ]

fim

Faz quadrados com o tamanho do lado que desejarmos

### Exemplo2

Grupo de crianças menos avançadas: tinham programado várias figuras geométricas, utilizando o comando repete, não usavam a cor, programaram alguns projectos embora mais simples do que as crianças mais avançadas como, por exemplo, o projecto CASA e MOINHO e não usavam variáveis.

para quadrado

repete 4 [ pf 100 vd 90 ]

fim

Faz um quadrado

para janela

repete 4 [ quadrado vd 90 ]

fim

Faz uma janela com 4 quadrados

Para triângulo

ve 90

repete 3 [ vd 120 pf 100 ]

fim

Faz um triângulo equilátero

Para circunferência

repete 360 [ vd 1 pf 1 ]

Fim

Faz uma circunferência

Para metade

repete 180 [ vd 1 pf 1 ]

fim

Faz uma semi-circunferência

para casa

lc pt 100

ve 90

vd 90

lb

quadrado

pf 100

triângulo

vd 90

pt 100

fim

Faz uma casa simples (só com paredes e telhado)

para moinho

repete 4 [ casa vd 90 lc pf 130 lb ]

fim

Faz um bairro com 4 casas muito simples

### Classe de Controlo 1

Vamos apresentar apenas exemplos de alguns trabalhos das crianças da C. C. 1 no final do ano lectivo pois os conhecimentos Logo adquiridos até meio do ano foram avaliados com a prova Logo 1ª versão.

No final do ano, todas as crianças desta classe de controlo, produziram o mesmo tipo de procedimentos, que se resumiam à programação das figuras geométricas que fazem parte do programa do 4º

ano da escolaridade básica (quadrado, rectângulo, triângulo equilátero, circunferência, hexágono e algumas o octógono). É preciso não esquecer que a professora desta classe usava um método directivo e dava frequentemente “lições de Logo” no quadro para toda a classe e lições de geometria, relacionando ainda estas duas dimensões. Contudo, algumas crianças produziram alguns trabalhos muito expressivos, embora em modo directo como, por exemplo, uma flor (trata-se de mandar a tartaruga fazer um quadrado a que se dá uma ligeira rotação com repetições sucessivas).

Não encontramos grandes diferenças entre os trabalhos produzidos pelas crianças desta classe, salvo nos mencionados procedimentos feitos em modo directo e que, concerteza, escaparam ao ‘olhar’ da professora. A única diferença a assinalar é que algumas crianças usavam menos o comando repete e outras usavam-no frequentemente. Vejamos alguns exemplos:

para quadrado

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

pf 50

vd 90

fim

para quadrado

repete 4 [ pf 50 vd 90 ]

fim

ou

Faz um quadrado

Para hexágono

repete 6 [ pf 60 vd 60 ]

fim

Faz um hexágono

para rectângulo

pf 30 vd 90 pf 50 vd 90 pf 30 vd 90 pf 50 vd 90

fim

ou

Faz um rectângulo

para rectângulo

repete 2 [ pf 30 vd 90 pf 50 vd 90 ]

fim

### Classe de Controlo 2

À semelhança da classe de controlo 1, vamos apresentar exemplos de alguns trabalhos das crianças da C. C. 2 no final do ano lectivo, pois os

conhecimentos Logo adquiridos até meio do ano foram avaliados com a prova Logo 1ª versão.

No final do ano, a maioria destas crianças trabalhava sobretudo no 'modo directo'; no 'modo ensinar' existiam apenas algumas pequenas diferenças no tipo de trabalhos produzidos. A sua complexidade era reduzida e a maioria das crianças desta classe, produziram procedimentos, que se relacionavam com a programação de algumas figuras geométricas que fazem parte do programa do 4º ano da escolaridade básica. Contudo, e contrariamente às crianças da C.C.1 nem todas as crianças produziram o mesmo tipo de figuras geométricas e raramente utilizaram o comando Repete. É preciso não esquecer que a professora desta classe usava um método exploratório. Vejamos alguns exemplos.

Exemplo 1:

criança com mais dificuldades

para quadrado

pf 90

vd 90

pf 90

vd 90

pf 90

Faz um quadrado

vd 90

pf 90

vd 90

fim

Para triângulo

pf 90

vd 120

pf 90

vd 120

Faz um triângulo equilátero de lado

pf 90

fim



Exemplo 2:

criança com menos dificuldades (mais avançada)

para quadrado

pf 90

vd 90

pf 90

vd 90

pf 90

Faz um quadrado

vd 90

pf 90

vd 90

fim

para quadradinho

pf 60

vd 90

pf 60

vd 90

pf 60

Faz um quadrado mais pequeno

vd 90

pf 60

vd 90

fim

para formiga

pf 10

vd 90

pf 10

vd 90

pf 10

Faz um quadrado muito pequeno

vd 90

pf 10

vd 90

fim

Para triângulo

repete 3 [ pf 60 vd 120 ]

Faz um triângulo equilátero de lado

fim

### **Síntese final**

Embora não nos tenha sido possível passar a 2ª versão da prova Logo no final do ano lectivo nas das duas classes de controlo, podemos constatar, com a análise dos trabalhos produzidos pelas crianças no final do ano lectivo, que:

— a maioria das crianças da C.E. produziu trabalhos complexos, onde utilizaram a iteração e a modularidade simples e complexa. Aprenderam a programar várias figuras geométricas que fazem parte do programa do 4º ano da escolaridade básica. Os grupos mais avançados aprenderam ainda a utilizar a cor e as variáveis. Trabalhavam preferencialmente em modo ensinar.

— A maioria das crianças da C.C.1 aprendeu a programar várias figuras geométricas que fazem parte do programa do 4º ano da escolaridade. Utilizaram apenas a iteração (uso do comando repete só com primitivas).

— A maioria das crianças da C.C.2 aprendeu a programar algumas figuras geométricas que fazem parte do programa do 4º ano da escolaridade, embora nem todas as crianças tenham programado as

mesmas figuras. Raramente utilizaram a iteração (uso do comando repete só com primitivas).

Se no meio do ano lectivo as crianças das três classes obtiveram resultados similares na prova Logo 1ª versão (apenas se diferenciando significativamente os resultados das crianças da C.E. em relação às crianças das duas C.'s C. na aprendizagem dos comandos ou primitivas da linguagem Logo) no final do ano lectivo os trabalhos das crianças da C.E. eram mais complexos do que os das crianças das duas C.'s C. Contudo, a maioria dos trabalhos das crianças da C.C.1 eram mais avançados em termos de programação do que os das crianças da C.C.2 (estas quase não utilizavam o comando Repete e trabalhavam muito em modo directo). Podemos, por isso, concluir que o método exploratório utilizado por esta professora não apoiou as crianças desta classe a avançarem no conhecimento do próprio Logo. O método mais directivo usado pela professora da C.C.1 foi mais eficaz nessa aprendizagem. O nível de conhecimentos Logo adquiridos pelas crianças destas duas classes, embora diferenciados, parece-nos indicar o que se pode esperar da aprendizagem do Logo introduzido nas classes regulares e sem um apoio sistemático de alguém do exterior.

É ainda de lembrar que as crianças das três classes que participaram na experiência, aprenderam a usar outros programas informáticos, para além do Logo: um processador de texto (Clariswork), um programa de desenho (KidPix) e um programa multimédia (Hypercard); um pequeno grupo de crianças mais interessadas (das três classes), e fora dos tempos lectivos regulares, aprendeu ainda a programar em Lego-Logo. A aprendizagem destes programas, exceptuando o Logo e o Lego-Logo, iniciou-se no ano anterior à experiência. Durante o ano em que decorreu a investigação, as crianças das três classes, embora sem abandonarem o trabalho com os outros programas, trabalharam preferencialmente com o Logo.

## **CONCLUSÕES**



Organizamos as conclusões à volta das duas questões nucleares, a saber: os efeitos da experiência realizada nas competências cognitivas e no conhecimento disciplinar das crianças que nela participaram e a capacidade da escola e das professoras para darem continuidade à inovação e à experiência desenvolvida. Tecemos ainda algumas reflexões sobre a metodologia adoptada, nomeadamente o valor de generalização dos resultados, e os contributos desta investigação para a integração dos computadores e do Logo nas actividades curriculares do 1º ciclo da escolaridade. Finalmente, alargamos esta reflexão a outros ambientes de aprendizagem informatizados, ou seja, a outros programas informáticos que podem ser utilizados no 1º ciclo para apoiar os alunos a adquirir conhecimento disciplinar significativo e a desenvolver competências cognitivas que tornam a aprendizagem mais eficaz.

No que concerne à primeira questão, os resultados desta investigação sugerem que a actividade de programar um computador, quando bem estruturada pelo professor, conduz as crianças a desenvolverem competências cognitivas de resolução de problemas e um conhecimento disciplinar significativo. No estudo que realizamos durante um ano escolar, com três classes do 4º ano da escolaridade, onde as crianças tiveram um acesso continuado aos computadores, pudemos constatar como o método de ensino é determinante na aquisição de conhecimentos. Os resultados diferenciais obtidos pelas crianças nas diferentes provas aplicadas são disso um indicador. Isto quer dizer que se o meio é importante o método de ensino utilizado não o é menos. Aliás, os métodos de ensino e seus efeitos nos conhecimentos e competências cognitivas foram o núcleo desta investigação. Os três grupos utilizaram o computador e o Logo no contexto das actividades escolares (não foi constituído nenhum grupo de controlo sem computadores).

De facto, as crianças da Classe Experimental, utilizaram um método instrutivo pela descoberta guiada em exercícios/êxemplos, que as levaram a

pensar sobre determinados problemas, num ambiente colaborativo com suporte da professora, tendo sido apoiadas a relacionar os conhecimentos e competências cognitivas aprendidas no contexto Logo com outras situações (onde as mesmas competências eram utilizadas). E constatou-se que aprenderam não só a melhor programar como a transferir alguns dos conhecimentos adquiridos no contexto Logo para outras tarefas. Contudo, as diferenças de resultados entre os três grupos não são uniformes nem se mostraram todos estatisticamente significativas. Vamos por isso sintetizar e comentar prova a prova os resultados obtidos.

O Logo foi utilizado nesta investigação como um meio para facilitar o desenvolvimento de certas competências cognitivas de resolução de problemas transferíveis para tarefas similares. Concentramo-nos nalgumas competências que são tidas, na literatura especializado, como sensíveis à aprendizagem de programação: duas heurísticas — decomposição de problemas em subproblemas de mais fácil resolução e representação externa dos problemas — e duas estratégias metacognitivas — detecção e correcção de erros e planificação da acção. Particular atenção foi dada à capacidade de planificar a solução de problemas. Estas competências cognitivas foram explicitamente ensinadas às crianças da Classe Experimental no contexto da aprendizagem do Logo e foram ainda relacionadas com outros contextos onde as mesmas competências podem ser utilizadas. O nível de domínio da actividade de programação e o método instrutivo utilizado na C.E. foram o factor experimental. Por isso, recolhemos elementos que nos permitissem determinar o nível de conhecimentos de programação atingido por cada grupo de crianças no final da experiência e caracterizar os métodos instrutivos utilizados pelas professoras das duas Classes de Controlo. Só assim poderíamos estabelecer relações entre os resultados obtidos pelas crianças nas diferentes provas de transferência e os métodos instrutivos.

Os resultados das provas de transferência deram resultados interessantes.

Embora as crianças da C.E. tenham obtido melhores resultados em todas as provas do que as crianças das duas Classes de Controlo, estes só

se mostraram estatisticamente significativos no que concerne às competências cognitivas de Detecção/Correcção de Erros, Decomposição de Problemas e Planificação. A capacidade de Representar Externamente estratégias de solução a aplicar aos problemas não se desenvolveu mais nas crianças da C.E. Os resultados obtidos nesta prova não se revelaram estatisticamente significativos quando comparados com os resultados obtidos na mesma prova pelas crianças das duas Classes de Controlo. Face a estes resultados adiantamos as seguintes interpretações: 1) ou esta estratégia deveria ter sido mais treinada pelas crianças no contexto Logo e noutros contextos ou 2) os conteúdos das provas construídas eram demasiado afastados da experiência das crianças com o Logo ou ainda, hipótese que nos parece mais plausível 3) como o Logo não induz directamente a utilização deste tipo de estratégia, mesmo que ela seja treinada fora do contexto Logo, as crianças não conseguiram estabelecer os vínculos associativos necessários para que se torne imediatamente disponível à memória de trabalho quando dela necessitam para solucionar um dado problema. Talvez Mendelsohn (1994b) tenha razão quando afirma que a aprendizagem se faz durante a acção e não após esta ter terminado. Como a aprendizagem do Logo não induz directamente este tipo de estratégia, mesmo que ela seja ensinada fora deste contexto particular de acção, não conduz as crianças a melhor a aprenderem. Daqui podemos concluir que o Logo não é um bom ambiente para desenvolver este tipo de estratégia cognitiva.

O mesmo não se passou com as outras três competências em que as crianças da Classe Experimental aprenderam a melhor transferir do que as crianças das duas Classes de Controlo embora, como veremos seguidamente, as diferenças de resultados se diferenciem estatisticamente de acordo com os métodos de ensino usados por uma ou outra professora das classes de controlo.

Foi assim que nas **competências de detecção/correção de erros e decomposição de problemas**, os resultados das crianças da C.E. só se diferenciaram significativamente dos das crianças da C.C.1 (método estruturado) mas não nos da C.C.2 (método exploratório), tendo-se registado resultados com o sentido contrário no que concerne à planificação da acção.

Neste caso os resultados das crianças da C.E. revelaram-se estatisticamente significativos face aos resultados das crianças da C.C.2 (método exploratório) mas não face aos das crianças da C.C.1 (método estruturado). Os resultados das crianças das duas C.'s C. não se mostraram estatisticamente significativos em nenhum dos casos.

Estes resultados levaram-nos a tecer as seguintes interpretações.

O método mais apropriado parece ser o usado na C.E.

O método exploratório, como foi praticado na C.C.2 é preferível ao método estruturado, como foi usado pela professora da C.C. 1, no que concerne ao desenvolvimento de estratégias de detecção/correção de erros e de decomposição de problemas. De facto, o método pela descoberta, permitiu às crianças da C.C.2 explorarem mais livremente as suas ideias e as componentes inerentes à estrutura do Logo. O mesmo não aconteceu com as crianças da C.C.1 (método estruturado). Neste caso, as crianças só tiveram a liberdade de explorar a estrutura 'imposta' pela professora às tarefas por elas sugeridas, o que não as deixou livres para 'divagar' com a própria linguagem de programação (que implicitamente contém a detecção/correção de erros e a decomposição de problemas). A professora da classe de controlo 2 valorizava, noutras actividades escolares como, por exemplo, a escrita/leitura e o meio físico e social, os processos de procura de informação e de detecção/correção de erros pelas próprias crianças, ou seja, o método pela descoberta era valorizado por esta professora.

A professora da outra classe de controlo (C.C.1) utilizava preferencialmente o método expositivo/exemplificativo para toda a classe. Impunha mais constrangimentos na aprendizagem. Talvez por isso as crianças desta classe tivessem obtido melhores resultados na prova de planificação. Estavam habituadas a resolver problemas segundo certos procedimentos impostos pela professora e visando atingir objectivos precisos.

É ainda interessante salientar que a direcção do Colégio alertou a professora da C.C.2 (método exploratório) para o facto das suas crianças não estarem tão bem preparadas como as da C.E. e mesmo da C.C.1 para operar com raciocínios lógico-dedutivos, treinarem mais o raciocínio indutivo e para o facto desta professora impor poucos constrangimentos na

aprendizagem o que prejudicava os resultados por elas obtidos no grau subsequente da escolaridade.

Sentimos o mesmo durante a realização da prova de planeamento. As crianças desta classe tiveram imensas dificuldades em encontrar a solução para esta tarefa que lhes impunha constrangimentos de acção para encontrar a solução do problema. Representar a solução de um problema que impõe constrangimentos externos explícitos, i.e., que obriga a planificar uma estratégia de solução foi, para muitas destas crianças, uma tarefa não entendida como tal ou quando percebida muito difícil de concretizar.

Perante estes resultados, podemos concluir que **a aprendizagem da programação em Logo só facilita a planificação e execução de uma nova tarefa** se o ambiente instrutivo fornecer uma certa organização exterior que imponha constrangimentos explícitos na resolução de problemas. Resultados que corroboram os obtidos nas investigações de Leher et al. (1988), Littlefield et al. (1988) e De Corte et al (1992). Os resultados positivos das crianças da Classe Experimental e da Classe de Controlo 1 (que utilizaram métodos mais estruturados) e os resultados negativos da Classe de Controlo 2 (método exploratório) na prova de planificação, parecem dar razão a Leher et al. (1988) quando afirmam que as diferenças de resultados entre os programadores e não-programadores por eles registadas numa prova de planeamento é mais devida à capacidade de representar os problemas (sob certos constrangimentos) do que ao desenvolvimento de competências gerais de resolução de problemas. Como estes autores referem: *"a experiência mediada com a programação em Logo facilitou às crianças a planificação e execução de uma nova tarefa. Atribuimos as diferenças de realização entre os programadores e os não programadores às muitas oportunidades que as crianças têm em ambientes de programação de tornar explícitos os constrangimentos na resolução de problemas e de traduzir estes constrangimentos em actos. Para as crianças, este é um tipo de aprendizagem pelo fazer (learning by doing) que pode ser transferido para outros domínios formais, embora padrões específicos de programação ou competências gerais (p.e., métodos fracos) não o possam. Dito de outro modo, os resultados obtidos nesta investigação localizam a fonte de melhoria na realização de resolução de problemas pelas crianças na representação dos problemas, não no desenvolvimento de competências gerais de resolução de problemas".* (p. 106).

Estes autores atribuem ainda os resultados positivos por eles obtidos nesta investigação — em contraste com a ausência de resultados significativos obtidos por Pea et al. (1985) — a vários factores, entre elas os métodos instrutivos utilizados, a sensibilidade dos *desenhos experimentais* e o conhecimento anterior das crianças sobre as relações entre os constrangimentos dos problemas. Por exemplo, os constrangimentos impostos pela prova de Pea et al. eram talvez demasiado familiares às crianças. Se fosse este o caso, a tarefa de planeamento avaliaria competências gerais de resolução de problemas e não se poderiam esperar então diferenças entre os grupos. Por isso, estes autores sugerem que novas investigações devem ser realizadas para diferenciar estas e mesmo outras alternativas. A nossa investigação vai neste sentido. Não se tratou de verificar as diferenças entre programadores e não programadores mas antes entre programadores que foram sujeitos a métodos instrutivos diferentes. Além disso, a prova construída estava mais próxima, em termos de representação dos problemas e seus constrangimentos de solução da actividade de programação em Logo. Por isso, a prova avaliava não competências gerais de resolução de problemas mas antes competências de planificação da acção, próximas da experiência das crianças com o Logo. Os resultados positivos das crianças da Classe Experimental e da Classe de Controlo 1, do pré para o pós-teste, provam que a experiência com o Logo apoia as crianças a planificar a acção segundo certos constrangimentos se e apenas se concomitantemente à aprendizagem do Logo se lhe associar um método instrutivo estruturado, i.e., que torne explícitas as etapas e constrangimentos de solução de problemas. Sem esta associação as crianças limitam-se a “passear a tartaruga pelo ecrã”, a encontrar algumas soluções interessantes mas sem tomarem consciência das possibilidades e constrangimentos da programação, o que não as conduz a melhor aprender a planificar a acção nem, nas palavras de Leher et al., a representar a solução de certo tipo de problemas que implicam a planificação. Os resultados negativos das crianças da Classe de Controlo 2 na prova de planeamento, onde não houve melhorias (antes pelo contrário regressões) do pré para o pós-teste, mostram que o Logo por si só, não apoia as crianças a planificar a acção. É o método instrutivo associado, à

programação que conduz as crianças a desenvolverem competências de planificação da acção, i.e., a organizarem as acções em unidades significativas e a utilizarem métodos mais sistemáticos de controle da acção.

O método exploratório praticado na C.C.2 não conduziu as crianças a melhor saber planificar a acção. Os métodos estruturados conseguiram-no. Contudo, o método da descoberta guiada (por exemplos) e mediatizada (por descontextualização) praticado na C.E. produziu melhores resultados, embora não estatisticamente significativos, do que o método directivo praticado na C.C.1. Por isso, o método instrutivo utilizado na aprendizagem da programação é o factor crítico se queremos que as crianças aprendam a melhor saber organizar e planificar as acções.

Analisando os resultados da prova de geometria podemos concluir que o Logo pode ser usado como uma ferramenta que apoia as crianças a reestruturar o conhecimento da geometria se associado a um método instrutivo que as ajude a estabelecer relações entre as propriedades observadas das figuras e as acções necessárias para as construir. Dito de outro modo, o Logo obtém resultados nesta área se as professoras apoiarem as crianças a relacionar o conhecimento declarativo sobre as figuras geométricas (o saber nomear e enumerar algumas propriedades) ao conhecimento processual (o saber fazer que produz essas propriedades). O Logo permite, de facto, como os seus criadores o pretenderam (Papert, 1980; Abelson & diSessa, 1980) e as professoras que participaram neste estudo o enunciaram, ver a geometria como um conjunto de propriedades relacionadas, propriedades estas que podem ser manipuladas para produzir os efeitos desejados. A manipulação directa das propriedades das figuras geométricas proporcionada pelo Logo oferece uma nova janela para um mundo dominado por concepções mais estáticas de contorno perceptivo e de listas de propriedades (Leher et al., 1988). De uma rede visual (*visual network*) em que as figuras são percebidas como totalidades, as crianças passam a manipular uma rede relacional (*relation network*) mais diferenciada de propriedades das figuras geométricas. Contudo esta diferenciação só se produz se as crianças forem apoiadas pelo professor a estabelecer a ligação entre o conhecimento declarativo tradicional e o conhecimento procedural do

Logo. Se o ambiente instrutivo não apoiar a criança a estabelecer estas relações o Logo, por si só, não o permite. Os resultados obtidos pelas crianças das três classes na prova de geometria são disso exemplo.

As crianças da Classe Experimental que aprenderam o Logo e a geometria como dois domínios interrelacionados adquiriram um conhecimento mais estruturado desta última. Passaram a ver as figuras geométricas não só como totalidades visuais e listas de propriedades, mas como conjuntos de propriedades, algumas delas partilháveis com outras figuras. Na terminologia de Van Hiele (1986) passaram de um conhecimento visual (*visual network*) para um conhecimento descritivo (*descriptive network*). Por exemplo, um quadrado não é só um quadrado porque tem essa forma a que se dá esse nome, mas também porque possui um conjunto de propriedades que lhe permitem configurar-se desse modo (tem quatro lados iguais e quatro ângulos rectos); mais ainda, algumas dessas propriedades são partilhadas com outras figuras geométricas. É assim que o quadrado surge como um caso particular de um rectângulo, pois partilha algumas propriedades com ele (quatro ângulos rectos), só que tem os lados todos iguais enquanto no rectângulo são iguais dois a dois. No Logo é possível manipular directamente estas propriedades. Constrói-se um rectângulo pela manipulação directa das suas propriedades — Repete 2 [ PF 20 VD 90 PF 40 VD 90 ] Fim — e pode-se transformar este procedimento num quadrado manipulando apenas as propriedades que variam. Contudo estas possibilidades apenas são explicitadas quando o ambiente instrutivo apoia as crianças a estabelecer estas relações, como os resultados obtidos pelas três classes o demonstram. As crianças da C.E. obtiveram melhores resultados do que as das duas classes de controlo em todas as questões da prova de geometria e estas diferenças mostraram-se estatisticamente significativas nas questões que faziam apelo a um conhecimento mais descritivo e relacional. As crianças da Classe de Controlo 1 (método mais estruturado) obtiveram melhores resultados do que as crianças da Classe de Controlo 2 (método exploratório) embora estas diferenças não se tenham revelado estatisticamente significativas.

Como conclusão podemos afirmar que, se o Logo possui qualidades únicas no que respeita ao conhecimento procedural da geometria (saber



fazer) este tem que ser relacionado com o conhecimento declarativo tradicional (saber), sendo isso apenas possível se o professor apoiar as crianças a estabelecer estas relações. Os métodos estruturados apoiam melhor as crianças a estabelecer estas relações do que os métodos exploratórios. Contudo, um método estruturado mas de exploração orientada por exemplo/problemas a serem solucionados pelas crianças com reflexão durante a acção e após esta, analisando as soluções encontradas, é preferível a um método totalmente estruturado *à priori* pelo professor, como foi praticado pela professora da C.C.1. Neste caso o professor impõe a sua estrutura de pensamento aos alunos sem que para eles ela seja imediatamente evidente.

Concluindo: a actividade de programar um computador em Logo, inserida no contexto das actividades da classe, apoia as crianças a desenvolver conhecimento significativo da geometria e tem efeitos positivos em algumas competências cognitivas e metacognitivas. Contudo, o desenvolvimento destas competências e conhecimentos depende não só do meio utilizado mas ainda, e sobretudo, do método de ensino praticado pelo professor.

Os métodos estruturados parecem preferíveis aos métodos pela descoberta no que respeita à organização de conhecimento disciplinar significativo e à representação de problemas que implicam a planificação das etapas para encontrar a sua solução.

Os métodos exploratórios parecem preferíveis aos métodos muito estruturados no que respeita ao desenvolvimento de estratégias cognitivas de decomposição dos problemas em subproblemas de mais fácil resolução e de detecção e correcção de erros.

O método de exploração orientada por exemplos/problemas dentro de um dado domínio de aprendizagem e descontextualização progressiva de determinados procedimentos, como foi praticado na Classe Experimental, parece preferível a qualquer dos outros dois, quer na aprendizagem de conhecimento disciplinar significativo, quer nas competências cognitivas antes mencionadas.

No que respeita à segunda questão, o modo como a escola e as professoras com quem mais directamente trabalhamos, deram continuidade à inovação introduzida, não podemos apresentar resultados objectivos. Apresentamos tão só algumas considerações, baseadas em entrevistas e conversas informais, efectuadas com as professoras e membros da equipa técnica desde que a experiência terminou (Julho de 1995).

A sala de computadores continua a existir e as actividades nela realizadas fazem parte do horário escolar regular. Ocorreram, contudo, algumas alterações durante os anos lectivos subsequentes à minha saída, umas positivas e outras negativas. Está, por exemplo, neste último caso, a redução do horário, este ano lectivo, de duas horas semanais por classe para apenas uma hora. Outro aspecto que pensamos ser prejudicial, nesta fase, foi a saída da equipa de apoio técnico. Para a substituir ficou um elemento da escola como responsável da sala de informática, que entretanto fez uma licenciatura em psicologia com uma dissertação em informática, mas que não é professora nem tem uma classe. O risco que se corre com este novo tipo de organização das actividades nos computadores é estas irem-se gradualmente afastando das tarefas curriculares. Como refere Collins (1992), se não forem usados tempo suficiente (pelo menos 60 horas anuais) e não houver uma implicação directa dos professores, os computadores deixam de estar ao serviço das aprendizagens disciplinares e passam a ser mais uma actividade (que, sem dúvida, tem o seu mérito), mas da qual não se podem esperar grandes resultados em termos curriculares. Como referimos ao longo desta tese, os computadores e programas, quando inseridos nos níveis elementares da escolaridade, devem funcionar mais como meios de aprendizagem do que como fins em si mesmos. Só adquirem este estatuto posteriormente e para os ramos especializados. O mesmo se passa, de resto, com a aprendizagem da leitura, da escrita e do cálculo que, nos níveis elementares, não visam formar escritores e matemáticos mas antes fornecer às crianças instrumentos básicos de acesso ao conhecimento e treino do raciocínio. Os computadores e os vários programas existentes (processadores de texto, bases de dados, programas de gráficos, redes semânticas, linguagens de programação,...) funcionam ou deveriam funcionar como novos formalismos das linguagens convencionais (escrever,

calcular, desenhar, organizar ...). Como diz Mendelsohn, *"Se nos referimos aos sistemas de representação mais convencionais e não aos conhecimentos temáticos, as aprendizagens escolares recaem essencialmente sobre a leitura e escrita, as diferentes formas de representação gráfica, o sistema numérico e as operações aritméticas, a lógica e o raciocínio. Estes sistemas de representação estão presentes em qualquer actividade simbólica e são mais ou menos radicalmente transformados pelo suporte informático"* (1991, p. 58). Contudo, pensamos que isto só ocorrerá quando tivermos professores proficientes na utilização dos computadores e capazes de os integrar nas actividades lectivas. Isto exige, como é óbvio, uma modificação da gestão e organização escolar, sobretudo dos espaços e distribuição dos recursos. Requer ainda que estes novos meios façam parte integrante das actividades curriculares, ou melhor, estejam ao serviço do desenvolvimento e aprendizagem das crianças. Foi-isto que tentámos. Contudo, e à semelhança do que ocorre na maioria das escolas, as experiências que foram a dada altura inovadoras tendem a 'fossilizar-se', quer dizer, a serem encerradas num espaço limitado, testemunho histórico da sua passagem, destinado aos olhares de uns tantos curiosos. Tememos que, se não existir uma pressão interna ou algo de externo que vá perturbar de novo este equilíbrio que se gerou na escola, os computadores sirvam apenas para iniciar as crianças nos rudimentos da informática: saber ligar e desligar um computador, familiarizar-se com algumas das suas operações básicas (abrir e fechar programas, imprimir, manipular o teclado e o rato ...) e com alguns programas (processador de texto, folha de cálculo, ...). Tudo o resto se irá gradualmente perdendo. Aliás, a maioria das professoras, já nem acompanha as crianças na hora dos computadores, limitando-se a dar algumas indicações à responsável da sala de informática, sobre os programas que desejam que os alunos aprendam e o tipo de exercícios a realizar. As classes são divididas ao meio, indo metade para a sala dos computadores e ficando a outra com a professora na sala, o que significa que cada criança só tem contacto com o computador uma hora de quinze em quinze dias, o que, convenhamos é muito pouco. Os programas mais usados são o processador de texto e o programa de desenho. O Logo e o Hypercard já não são utilizados. Foram-no nós dois anos seguintes à

experiência, pelo menos no que respeita à professora da C.E., e quando ainda existia o apoio da equipa técnica. Como referiu esta professora numa das entrevistas que com ela realizei: *"(...) no ano seguinte, fiquei com uma 3ª classe que não estava capaz de aprender o Logo ... as crianças tinham muitas lacunas a vários níveis, tinham que se adaptar ao meu método de trabalho ... No ano seguinte fiz a iniciação ao Logo e para o fim já conseguiam elaborar pequenos programas mais complexos além da programação das figuras geométricas simples ... Este ano lectivo(1997/98) tenho, de novo, uma 3ª classe e não vou trabalhar com o Logo. Estou a ensiná-los a utilizar o processador de texto com regras: fazer parágrafos, deixar apenas um espaço depois de cada palavra, iniciar com maiúsculas... Estas crianças, apesar de já terem 3 anos de computadores na escola, utilizavam o processador quase sem regras. Por exemplo, deixavam espaços variáveis entre as palavras, desde três a cinco, conforme. Outro dia, uma das crianças, depois de vir dos computadores disse-me: 'Estive a fazer o meu nome, vírgula, espaço, muitas vezes para aprender'... Tenho também em mãos um projecto, junto com a Carla (professora da C. C. 1), sobre provérbios, que estamos a recolher e compilar com as crianças, e que serão escritos no processador e ilustrados com o programa de desenho. Temos é pouco tempo. Este ano não vou usar o Logo. Existe um programa novo, de que me não lembro do nome, mais simples do que o Logo, que vou estudar melhor e sou capaz de o ensinar às crianças (...)".*

Como vemos, por este excerto, o Logo, bem como outros programas de mais difícil aprendizagem, e que, portanto, exigem um maior conhecimento por parte dos professores e uma planificação mais cuidada, tendem, sem apoio externo, a ser secundarizados.

Concluindo: os aspectos que nos levaram a escolher esta escola para realizar o trabalho experimental, nomeadamente a existência de computadores e programas actualizados, professoras, na sua maioria, motivadas, ligação entre as actividades curriculares e as computacionais, acesso continuado das crianças aos computadores, apoio técnico permanente que garantia a manutenção e actualização dos programas, abertura à inovação, estão gradualmente a perder-se. Esta escola está a ficar, neste domínio, igual a tantas outras que inicialmente se entusiasmaram e investiram nestas actividades e que as foram deixando esmorecer. Não

culpamos ninguém. De facto, as inovações educativas só perduram durante um certo tempo, enquanto existir uma força, interna ou externa, que as mantenha e faça progredir. É como a motivação intelectual. O difícil não é despertar o interesse momentâneo dos alunos por uma dada tarefa, o que Bruner (1960, 1966) designa por activar da motivação, mas sim dar-lhe um sentido e finalidade e, de caminho, mantê-la.

Ou como diz Oliver Sacks (1996), a propósito de observações, ideias ou hipóteses inovadoras surgidas na ciência, que são recusadas ou mesmo 'escamoteadas' durante, por vezes, longos anos, *"Não é suficiente apreender ou captar algo fugazmente. A mente deve ser capaz de o acomodar, de retê-lo. Este processo de acomodação, de criação de um espaço mental, de uma categoria com conexões potenciais – e a vontade de o fazer – parecem-me cruciais para determinar se uma ideia ou uma descoberta se enraizará e dará frutos, ou se, pelo contrário, será esquecida, se desvanecerá e morrerá sem deixar rastro. A primeira dificuldade, a primeira barreira, encontra-se na nossa própria mente ..."* (1996, 36).

No que respeita à metodologia não vamos argumentar sobre as virtualidades e limitações do método experimental aplicado à educação, nem sobre os seus pressupostos e procedimentos básicos. Estes aspectos estão bem documentados na literatura (ver, por exemplo, Campbell & Stanley, 1967; Campbell, 1969; Cronbach, 1975; Fraisse, 1974; Fraisse & Piaget, 1963; Kerlinger, 1969; Léon et al., 1980; Travers, 1971). Queremos tão só analisar os limites e possibilidades de generalização dos resultados obtidos neste estudo, ou seja, reflectir sobre a sua validade externa.

O problema da validade interna, i.e., *"a capacidade para provar a(s) hipótese(s) em função da(s) qual(ais) foi concebido"* (Leplat, 1973, p. 33) foi já referido na metodologia e na análise dos resultados. Convém, no entanto, tecer alguns comentários. Embora tivéssemos adoptado as precauções habituais para contornar as possíveis fontes de erro (e Campbell, 1969, refere a existência de oito), o facto de não termos acumulado todas as evidências para provar a fiabilidade de alguns dos instrumentos de medida, limita o poder explicativo do nosso estudo. Contudo, como trabalhámos com grupos equivalentes (nas principais variáveis consideradas) e num mesmo

contexto educativo (a mesma escola, o mesmo ano escolar, o mesmo programa, etc.), algumas variáveis parasitas foram controladas, o que nos permite atribuir, com alguma segurança, os resultados obtidos ao factor experimental. Como as hipóteses formuladas foram confirmadas (embora parcialmente, como vimos na interpretação dos resultados), podemos afirmar que este estudo tem validade interna.

O problema da validade externa relaciona-se com o poder de generalização dos resultados, ou seja, até que ponto estes podem ser alargados a uma população mais vasta e a outros contextos. É aceite que dentro das situações experimentais são os planos experimentais propriamente ditos os que oferecem mais garantias de generalização ao investigador. Os planos quasi-experimentais, que é o nosso caso, podem considerar-se a meio caminho entre os planos experimentais e os pré-experimentais, sendo o seu poder de generalização mais reduzido do que os primeiros e maior do que os segundos. Estes são, porém, os mais utilizados em educação, devido aos condicionalismos do domínio. É difícil realizar um verdadeiro plano experimental em educação. Este é o problema mais delicado da investigação científica em contextos educativos. Os debates que à volta dele se têm feito, reflectem mais geralmente as limitações dos métodos científicos em ciências humanas. De facto, como hoje é reconhecido, os resultados da investigação em ciências humanas e particularmente na educação, não são ahistóricos (intemporais), desligados do contexto e da visão particular do investigador, i.e., do modo como percebe e interpreta os fenómenos em estudo. Por isso, o seu poder de generalização é sempre circunscrito. É possível constatar que dois estudos produzem resultados idênticos mas nunca é possível dizer que são levados a cabo em condições idênticas (Hamilton, 1983). Nas palavras de Cronbach (1975), um experimentalista que iniciou em 1957 a metodologia ATI (*Aptitud Treatment Interaction*) – método que tenta integrar duas tradições investigativas, a psicologia experimental de Fischer e a psicologia individual de Pearson – cada investigação de ATI deve ser interpretada como qualitativamente diferente de qualquer outra. Daí ter ele afirmado que, como cada contexto é empiricamente indefinido, e por isso teórica e qualitativamente distinto, a finalidade das ciências humanas seria 'a

interpretação no contexto' e não a 'generalização'. Estas ideias de Cronbach, como refere Hamilton (1983) reduzem o poder do método experimental. *"No melhor dos casos as generalizações são observações para ser explicadas, não conclusões herméticas ... (Hamilton, 1983, p. 145)".*

Por isso, a generalização dos resultados deste estudo é circunscrita às condições em que foi realizado. Se se garantirem as mesmas condições é possível que se obtenham resultados idênticos. E nesse caso podem detectar-se invariantes que expliquem os resultados em vários contextos. Deste modo o método experimental e o método dito de natural não seriam incompatíveis mas talvez complementares. Um forneceria o rigor do controlo de variáveis e o outro a sensibilidade aos contextos em que os estudos são realizados. Por isso tivemos a preocupação de descrever o contexto em que esta investigação foi levada a cabo. Por outro lado, é hoje aceite que a organização dos dados depende sempre dos interesses do investigador não se *"podendo especificar sem fazer referência a estas preocupações. Em última instância, a validade de uma explicação é demonstrada pelo investigador e não pelos dados. De novo, esta contraposição reconhece que a interpretação é uma parte integral e necessária do processo global de toda a investigação."* (Hamilton, 1983, p. 145).

Estes argumentos não visam desacreditar o valor da investigação científica e dos seus métodos, nomeadamente do experimental. Querem tão só mostrar que são as crenças (ou juízos axiomáticos) de que parte o investigador que constituem o ponto de partida da investigação, que em nada a prejudica desde que ele domine os procedimentos básicos inerentes a cada método e compreenda os seus limites explicativos. O investigador tem de estar precavido e saber dominar os diferentes 'filtros' (teorias, métodos e técnicas) com que realiza o seu trabalho. Tem ainda de perceber os limites das explicações a que chega. Só a matemática produz verdades absolutas e intemporais. Por exemplo, o teorema de Pitágoras aplica-se a qualquer triângulo rectângulo, em qualquer parte do mundo e qualquer contexto histórico. Daí decorre o seu fascínio. Os conhecimentos produzidos pelas ciências empíricas (de raiz experimental/explicativa ou de raiz natural/interpretativa) são mortais, i.e., perduram até serem refutados por novas explicações e interpretações.

Como referimos ao longo deste estudo os computadores e os programas informáticos não devem ser introduzidos na educação como fins em si-mesmos, pelo menos nos primeiros ciclos da escolaridade, mas como meios que permitam aos alunos procurar e trocar informação, adquirir conhecimento disciplinar significativo e estimular a sua actividade cognitiva. O Logo é um programa que em princípio oferece estas possibilidades: foi concebido para ser utilizado por crianças (desde os 4 anos de idade, nas versões simplificadas), tem por base uma concepção construtivista da aprendizagem, i.e., que conduz os alunos a produzir conhecimento mais do que a reproduzi-lo e que os envolve em actividades de reflexão sobre as acções e seus efeitos. Contudo, como vimos ao longo deste estudo, estas possibilidades só se concretizam em determinados ambientes de aprendizagem. O que está aqui em causa não é o programa informático mas o modo como ele é utilizado pelas crianças. A variável mais sensível parece ser o método de ensino utilizado pelo professor. Este tem que estar consciente e saber explicitar 'para quê' vai utilizar o Logo, ou seja, que objectivos visa atingir, e como o vai fazer, i.e., que métodos e estratégias de ensino vai utilizar. E esta atitude deve estar presente face a qualquer programa informático introduzido na educação. Os programas informáticos por mais bem concebidos, abertos e interactivos que sejam (e é preciso não esquecer que cada programa tem a sua própria história e foi feito para resolver determinado tipo de problemas), necessitam de ser integrados em ambientes de aprendizagem escolares que desenvolvam nos alunos capacidades cognitivas de alto nível a par dos conhecimentos específicos que cada ambiente informático pode proporcionar. O que está em causa não é introduzir estas novas tecnologias nas salas de aula, mas reequacionar a concepção de aprendizagem e de conhecimento ainda dominante em muitas escolas. As crianças não ficam a saber mais porque usam os computadores, mas sim porque estes podem ser usados como ferramentas que as apoiem a construir conhecimento. As ferramentas são extensões do homem, amplificadores do seu potencial (Bruner, 1965, 1966). O homem, através da sua história, inventou ferramentas que aumentam as suas capacidades biológicas: instrumentos para amplificar a acção, instrumentos para aumentar a percepção e outros para amplificar o pensamento. As novas



tecnologias aumentam a nossa capacidade para lidar com a informação e, se bem utilizadas, permitem amplificar o funcionamento cognitivo dos alunos durante a aprendizagem. Permitem envolver os alunos em operações cognitivas, enquanto constróem conhecimento, que não teriam possibilidade de realizar sem elas (Pea, 1985). Mas para que isso aconteça é necessário saber escolher os programas adequados para ensinar determinados conteúdos, sendo ainda importante saber o que torna uma aprendizagem eficaz. Esta só o é se os alunos estiverem activamente envolvidos a construir conhecimento significativo, de um modo cumulativo, reflectido, intencional e tendo em vista atingir determinados objectivos (De Corte, 1995; Simons, 1993). Os resultados desta investigação apontam neste sentido. Contudo cabe ao professor a responsabilidade de organizar e direccionar a aprendizagem dos alunos. Estes devem estar preparados para saber utilizar os computadores e os programas informáticos e adequá-los aos conteúdos que têm de ensinar. Por isso se torna crucial, no mundo de hoje, proceder a uma segunda alfabetização dos alunos mas também dos professores. Os computadores não irão substituir o professor, receio manifestado no início da introdução dos computadores no ensino mas, certamente, os professores que dominarem esta tecnologia substituirão os que a não souberem usar. Ou como Salomon (1993) evidenciou, as ferramentas inventadas pelo homem não são apenas utensílios, servem também finalidades culturalmente definidas e requerem operadores competentes de modo a funcionarem eficazmente. Termino, deixando algumas questões para reflexão: a quem competirá a tarefa de equipar as escolas com computadores e programas actualizados, quem ficará responsável pela formação dos professores neste domínio e quem garantirá a reformulação dos curricula das várias disciplinas de modo a que estes contemplem devidamente a integração das novas tecnologias? Esta não é uma tarefa fácil e linear. A experiência que descrevemos neste texto é um contributo nesse sentido. De facto, como referiu Herbert Simon em 1981 *“O grande poder que o nosso conhecimento tecnológico nos concede dá-nos ânimo; a magnitude dos problemas que cria ou para que nos chama a atenção intimida-nos”*.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACKERMANN, E. (1990). From Decontextualized to Situated Knowledge: Revisiting Piaget's Water-Level Experiment. Epistemology and Learning Group Memo Nº. 5. Cambridge, Mass.: MIT Media Laboratory, p. 20.

ANDERSON, John R. (1997). A Production System Theory of Serial Memory. Psychological Review, Vol. 104, nº. 4, pp. 728-748.

ANDERSON, J. R. (1993). Problem Solving and Learning. American Psychologist, Vol. 48, nº. 1, pp. 35-44.

ANDERSON, John R. (1985). Cognitive Psychology and its Implications. New York: W. H. Freeman and Company, p. 472 (2nd ed.).

ANDERSON, John R. (1983). The Architecture of Cognition. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. 345.

ANDERSON, John R. (1982). Acquisition of Cognitive Skill. Psychological Review, Vol. 89, nº. 4, pp. 369-406.

ANDERSON, John R. (1978). Arguments Concerning Representations for Mental Imagery. Psychological Review, Vol. 85, nº. 4, pp. 249-277.

ANZAI, Y. & SIMON, H. (1979). The Theory of Learning by Doing. Psychological Review, Vol. 86, nº. 2, pp. 124-140.

ARNOLD, M. (1995). The Semiotics of LOGO. Journal of Educational Computing Research, Vol. 12, nº. 3, pp. 205-218.

BARANAUSKAS, M. C. (1993). Procedimento, Função, Objecto ou Lógica? Linguagens de Programação Vistas pelos seus Paradigmas. In J. A. Valente (org.), Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação. S. Paulo: UNICAMP/NIED, pp. 45-63.

BARNES, C. J. & HILL, S. (1983). Should Young Children Work with Microcomputers. LOGO Before Lego? The Computing Teacher, vol 10, nº. 9, pp. 11-14.

BARON, J. L. et BRUILLARD, E. (1996). L'Informatique et ses Usagers dans l'Éducation. Paris: PUF, p. 312.

BAROODY, A. J. (1991). A Guide to Teaching Mathematics in the Primary Grades. Boston: Allyn and Bacon.

BARTLETT, F. C. (1995). Remembering. A Study in Experimental and Social Psychology. New York: The Cambridge University Press, p. 317 (2nd ed.; 1st ed., 1932).

BATESON, Gregory (1987). Natureza e Espírito. Uma Unidade Necessária. Lisboa: Publicações Dom Quixote, p. 205. (Tradução do original: Mind and Nature, 1979).

BASSOK, M. (1990). Transfer of Domain-Specific Problem-Solving Procedures. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, Vol. 16, Nº. 3, pp. 522-533.

BASSOK, M. & HOLYOAK, K. (1989). Interdomain Transfer Between Isomorphic Topics in Algebra and Physics. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, Vol. 15, Nº. 1, pp. 153-166.

BAUMGARTNER, P. & PAYR, S. (Eds.) (1995). Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Priceton University Press.

BECKER, H. J. (1992). Computers-Based Integrated Learning Systems in the Elementary and Middle Graders: a Critical Review and Synthesis of Evaluation Reports. Journal of Educational Computing Research, Vol. 8 n.º 1, pp. 1-41.

BECKER, H. J. (1991). How Computers are Used in United States Schools: Basic Data from the 1988 IEA Computers in Education Survey. Journal of Educational Computing Research, Vol. 7 n.º 4, pp. 385-406.

BERNARD, C. (1978). Introdução à Medicina Experimental. Lisboa: Guimarães & C.ª Editores.

BIDEAULT, A. (1985). Procédures d'Enfants de CE2 dans une Tâche de Constructions de Parcours – expériences LOGO. Enfance, n.º 2-3, pp. 201-212.

BLANCHET, Alex (1991). Pour un Développement des Objectifs Métacognitifs de LOGO. In J.-L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, pp. 61-78.

BLANCHET, Alex (1991). Les Unités Procédurales, Causales et Téléonomiques dans l'Étude des Processus Cognitifs. In B. Inhelder, G. Cellérier et al., Le Cheminement des Découvertes de l'enfant. Recherche sur les Microgenèses cognitives. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, pp. 93-118.

BLANCHET, A.; AUDÉAT, J. & THOMMEN, E. (1986). Programmation et Resolution de Problemes. Comunicação Apresentada no Congresso da Sociedade Suisse de Psychologie. Genève, 6-7 Mars.

BLANCHET, Alex (1981). Etude Génétique des Significations et des Modèles Utilisés par l'Enfant lors de Résolutions de Problèmes. Thèse présentée à la F.P.S.E. de l'Université de Genève pour obtenir le grade de docteur en psychologie. Genève: Imprimerie Nationale.

BLOCK, N. (1991). The Computer Model of Mind. In D. N. Osherson & E. E. Smith (eds), Thinking: An Invitation to Cognitive Science. Cambridge, Mass.: The MIT Press, pp. 247-289.

BODEN, M. (1991). Creativity and Computers. *In* J. Montagero & A. Tryphon (eds), Psychologie Génétique et Sciences Cognitives. Genève: Fondation Archives Jean Piaget, pp. 143-167.

BODEN, M. (1991). Computer Models of Mind. Cambridge: Cambridge University Press, p. 289 (3th ed.).

BRANSFORD, John D. (1979). Human Cognition. Learning, Understanding and Remembering. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, p. 300.

BRANSFORD, J. D.; SHERWOOD, R.; VYE, N.; RIESER, J. (1986). Teaching Thinking and Problem Solving; Research Foundations. American Psychologist, Vol. 41, nº. 10, pp. 1078-1089.

BROADBENT, D. E. (1967). Word-Frequency Effect and Response Bias. Psychological Review, Vol. 74, nº. 1, pp. 1-15.

BROADBENT, D. E. (1957). A Mechanical Model for Human Attention and Immediate Memory. Psychological Review, Vol. 64, nº. 3, pp. 205-

BRUNER, J. (1966). Toward a Theory of Instruction. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press.

BRUNER, J. (1965). The Grow of the Mind. American Psychologist, Vol. 20, nº. 12, pp. 1007-1017.

BRUNER, J. (1960). O Processo da Educação. S. Paulo: Companhia Editora Nacional.

BROWN, A. I. & DELOACHE, J. S. (1978). Skills, Plans, Self-Regulation. In R. S. Siegler (ed), Children's Thinking: What Develops? New Jersey: Hillsdale Erlbaum, pp. 3-35.

CAMPBELL, P. (1988). Microcomputers in the Primary Mathematics Classroom. Arithmetic Teacher (tenho o artigo antes de ser publicado).

CAMPBELL, F., FEIN, G. & SCHOLNICK, E. (1986). Young Children's Learning of LOGO Positioning Commands: a Conceptual Model. Comunicação apresentada na Reunião Anual da American Educational Research Association. S. Francisco, Califórnia.

CAMPBELL, P. & SCHWARTZ, S. (1986). Microcomputers in the Preschool: Children, Parents, and Teachers. In P. F. Campbell & G. G. Fein (eds), Young Children and Microcomputers. New York: Prentice-Hall, Cap. 5, pp. 46-59.

CAMPBELL, P. et al. (1986). Initial Mastery of the Syntax and Semantics of LOGO Positioning Commands. Journal of Educational Computing Research, vol. 2, n.º 3, pp. 357-377.

CAMPBELL, D. T. & STANLEY, J. C. (1967). Planos Experimentais e Quase Experimentais para a Investigação na Docência. In N. L. Gage, "Handbook of Research on Teaching". Chicago: Rand, McNally & Co. (5th ed.), pp. 171-246.

CASE, R. (1992). The Mind's Staircase. Exploring the Conceptual Underpinnings of Children's Thought and Knowledge. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, p. 411.

CAUZINILLE – MARMÈCHE, E. & MATHIEU, J. (1991). Adapter les Interventions Tutorielles au Modèle Cognitif de l'Étudiant. In J.-P. Caverni et al., Psychologie Cognitive: Modèles et Méthodes. Grenoble: PUG, pp. 175-190.

CAVERNI, J.-P. et al. (1991). Psychologie Cognitive: Modèles et Méthodes. Grenoble: PUG, p. 468.

CELLÉRIER, G. (1982). Constructions and Constructs. In Cahiers n.º 2 de la Fondation Archives Jean Piaget. Genève: F. A. J.P., pp. 135-148.

CELLÉRIER, G. (1991). Organisation et Fonctionnement des Schèmes. In B. Inhelder, G. Cellérier et al., Le Cheminement des Découvertes de l'enfant. Recherche sur les Microgenèses cognitives. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, pp. 255-302.

CHAGUIBOFF, J. (1985). Informatique et Apprentissages. Enfance, n°. 1, pp. 31-42.

CHAMBRES, P. (1985). Recherche Exploratoire sur la Capacité de 'Pilotage' Chez les Enfants de 4 à 6 ans – Experiences LOGO. Enfance, n°. 2-3, pp. 191-199.

CHEN, D-T. (1992). Object Programming, LOGO Style. The Computing Teacher, October, pp. 19-23.

CHEN, M. (1984). Computers in the Lives of Our Children: Looking Back on a Generation of Television Research. In R. E. Rice et al., The New Media: Communication, Research and Technology. London: Sage Publications, pp. 269-286.

CHOMSKY, N. (1992). Seminário Realizado no MIT, Abril de 1992.

CHURCHLAND, P. M. (1995). Neural Networks and Commonsense. In P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 33-46.

CHURCHLAND, P. M. (1991). Cognitive Activity in Artificial Neural Networks. In D. N. Osherson & E. e. Smith (eds), Thinking: an Invitation to Cognitive Science. Cambridge, Mass.: The MIT Press, pp. 199-228.

CLARK, A. (1997). Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again. Cambridge, Mass.: The MIT Press, p. 269.



CLARK, U. (1986). The Impact of Computers on Mathematics Abilities and Attitudes: a Pilot Study Using LOGO. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, Winter 85/86, pp. 32-33.

CLEMENTS, D. H. & BATTISTA, M. T. (1992). Geometry and Spatial Reasoning. In D. A. Grouws (ed.), Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. New York: Macmillan, pp. 420-464.

CLEMENTS, D. H. (1985). Computers in Early and Primary Education. New Jersey: Prentice-Hall Inc., p. 322.

CLEMENTS, D. H. (1985). Effects of LOGO Programming on Cognition, Metacognition, Skills, and Achievement. Comunicação Apresentada no Encontro Anual da American Educational Research Association. Chicago.

CLEMENTS, D. H. (1984). Supporting Young Children's LOGO Programming. The Computing Teacher, vol. 11, n.º 5, pp. 24-30.

COBB, P., WOOD, T. & YACKEL, E. (1990). Classrooms as Learning Environments for Teachers and Researchers. In R. B. Davis, C. A. Maher & N. Noddings (eds), Constructivist Views on the Teaching and Learning of Mathematics, pp. 125-146.

COELHO, H. (1986). Tecnologias da Informação. Sistemas Inteligentes. Perspectivas, Possibilidades e Implicações. Lisboa: Publicações Dom Quixote, p. 232.

COELHO, H. (1995). Inteligência Artificial em 25 Lições. Lisboa: F. C. Gulbenkian, p. 532.

COELHO, H. (1996). Sonho e Razão. Ao Lado do Artificial. Lisboa: Círculo de Leitores.

COHEN, R. C. & GEVA, E. (1986). Footering Pre-Planning and Debugging Skills in Young Children Through Increasingly Complex Microworlds. Proceedings of LOGO 86 Conference. MIT.

COLLINS, A. M. & LOFTUS, E. F. (1975). A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing. Psychological Review, n° 82, pp. 407-428

COLLINS, A. & BROWN, J. (1988). The Computer as a Tool for Learning Throug Reflection. In H. Mandel & A. LESGOLD (eds), Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. New York: Springer-Verlag, pp. 1-18.

COLLINS, A., BROWN, J. S. & NEWMAN, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the craft of reading, Writing and Mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), Knowing, Learning and Instruction. Essays in Honor of Robert Glaser. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, pp. 353-393.

COLLINS, A. (1992). Toward a Design Science of Education. In E. Scanlon & T. O'Shea (ed.), New Directions in Educational Technology. Germany: Springer-Verlag / NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 96., pp. 15-22.

COSTA, E. (1992). The Present and Future of Intelligent Tutoring Systems. In E. Scanlon & T. O'Shea (ed.), New Directions in Educational Technology. Germany: Springer-Verlag/NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 96., pp. 97-106.

CRAVER, S. M. (1988). Learning and Transfer of Debugging Skills: Applying Task Analysis to Curriculum Design and Assessment. In R. e. Mayer (Ed.), Teaching and Learning Computer Programming. Multiple Research Perspectives. Hillsdale, N. J.: Erlbaum, pp. 259-297.

CRAVER, S. & KLAHR, D. (1986). Assessing Children's LOGO Debugging Skills with a Formal Model. Journal of Educational Computing Research, Vol. 2, n° 4, pp. 487-525.

CRAHAY, M. (1987). LOGO, un Environnement Propice a la Pensée Procédurale. Revue Française de Pédagogie, nº 80, pp. 37-56.

CRONBACH, L. J. (1975). The Two Disciplines of Scientific Psychology. American Psychologist, Vol. 12, pp. 671-684.

CRONBACH, L. J. (1975). Beyond the Two Disciplines of Scientific Psychology. American Psychologist, Vol. 30, pp. 116-127.

CROOK, C. (1991). Computers in the Zone of Proximal Development: Implications for Evaluation. Computer Education, Vol. 17, nº 1, pp. 81-91.

CROWDER, M. S. & HAND, D. J. (1995). Analysis of Repeated Measures. London: Chapman et Hall.

CROWLEY, M. L. (1987). The Van Hiele Model of the Development of Geometric Thought. In M. M. Lindquist & A P. Shulte (eds), Learning and Teaching Geometry, K-12. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

DAMÁSIO, A R. (1994). O Erro de Descartes. Emoção, Razão e Cérebro Humano. Lisboa: Publicações Europa-América, pp. 309 (3ª ed.).

DAVIS, D. (1993). The Nature and Power of Mathematics. New Jersey, Princeton: Princeton University Press, p. 389. (Especialmente Cap. 4: Cryptography, onde o autor explica a descoberta e funcionamento da 'Máquina de Turing', pp. 249- 282).

DE CORTE, E. (1994). Learning Theory and Instructional Science. To appear in: P. Reimann & H. Spada (Eds.). (in press). Learning in Humans and Machines. Towards na Interdisciplinary Learning Science.

DE CORTE, E. (1993). Psychological Aspects of Changes in Learning Supported by Informatics. In D. C. Johnson & B. Samways (eds), Informatics and Changes In Learning (IFIP – A34). Nort Holland: Elsevier Science Publishers B. V., pp. 37-47.

DE CORTE, E. (1993). Toward Embedding Enriched Logo-Based Learning Environments in the School Curriculum: Retrospect and Prospect. In p. Georgiadis et al. (Eds.), Proceedings of the Fourth European Logo Conference. Greece: University of Athens, Department of Informatics, pp. 335-349.

DE CORTE, E. (1992). Aprender na Escola com as Novas Tecnologias. In V. D. Teodoro e J. C. Freitas (org.), Educação e Computadores. Lisboa: GEP-ME.

DE CORTE, E. (1992). On the Learning and Teaching of Problem-Solving Skills in Mathematics and LOGO Programmimg. Applied Psychology: Na International Review, Vol. 41, nº 4, pp. 317-331.

DE CORTE, E. et al. (1992). A LOGO-Based Tool- Kit and Computer Coach to Support the Development of General Thinking Skills. In T. Duffy, J. Lowyck & D. Jonassen (Eds.), Designing Environments for Constructive Learning. Berlin: Springer- Verlag – NATO & ASI Series – Advanced Educational Technology, pp. 109-124.

DE CORTE, E. VERSCHAFFEL, L. & SCHROOTEN, H. (1990). Cognitive Effects of Learning to Programmimg in LOGO: A One-Year Study with Sixth Graders. In E. De Corte et al. (Eds.), Computer-Based Learning Environments and Problem Solving. Berlin: Springer, NATO-ASI Series. F: Computer and Systems Sciences.

DE CORTE, E. et al. (1987). Learning and Instruction: European Researching in na International Context. Vol. 1. Great Britain: Pergamon Press, p. 472.

DELLAROSA, D. (1988). A History of Thinking. *In* R. Sternberg & E. Smith (Eds), The Psychology of Human Thought. New York: Cambridge University Press, pp. 1-18.

DENIS, M. (1989). Image et Cognition. Paris: PUF, p. 284.

DENNETT, D. (1995). In Defense of IA. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 59-70.

DENNETT, D. (1995). La Conciencia Explicada. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S. A., p. 512. (Tradução do original: Consciousness Explained, 1991).

DENNETT, d. (1995). Lenguaje e Inteligencia. *In* J. Khalfa (ed). Qué es la Inteligencia?. Madrid: Alianza Editorial, pp. 163-180.

DENNETT, D. (1987). Inteligência Artificial e as Estratégias de Investigação Psicológica. *In* J. Miller, Estados de Espírito: Diálogos com Investigadores de Psicologia. Lisboa: Editorial Presença, pp. 66-82.

DESCARTES. R. (?). Discours de la Méthode suivis des Méditations Métaphysiques. Paris: Ernest Flammarion Éditeurs. (Discours de la Méthode, 1ª edição: 1637; Méditations, 1ª edição: 1641).

DIEM, R. (1986). Microcomputers Technology in Educational Environments: Three Cases Studies. The Journal of Educational Research, Vol. 80, nº. 2, pp. 93-98.

DIONNET, S. et al. (1985). Représentation et Contrôle Global-Local du Movement Chez l'Enfant dans la Programmation LOGO. Revue Française de Pédagogie, nº. 72, pp. 13-23.

DIRK, E. (1986). Compte Rendue de la Conférence de M. Jean Retschitz. Relatório não Publicado. Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education - Université de Genève.

DISESSA, Andrea (1991). Epistemological Micromodels. The Case of Coordination and Quantities. In J. Montagero & A. Tryphon (eds), Psychologie Génétique et Sciences Cognitives. Genève: Fondation Archives Jean Piaget, pp. 169-1949.

DREYFUS, H. L. (1995). Cognitivism Abandoned. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 71-84.

DREYFUS, H. L. (1972). What Computers Can't Do. New York: Harper and Row.

D'YDEWALLE, G. & DELHAYE, P. (1988). Intelligence Artificielle, Extraction de Connaissance et Étude de l'Intelligence Naturelle. Revue Internationale des Sciences Sociales, n°. 115, pp. 71-81.

EDELMAN, G. M. (1992). Biologie de la Conscience. Paris: Éditions Odile Jacob, p. 424. (Tradução do original: Bright Air, Brilliant Fire: on the Matter of Mind. N.y.: Basic Books, 1992).

EHRMANN, s. et al. (1994). Relatório dos Avaliadores do Projecto Minerva. Lisboa: depgef – ME / OCDE, p. 391. (Edição trilingue: português, francês e inglês).

EIMERL, K. (1985). Quelques Compétences Acquisées par l'Enfant dnas l'Exploration de l'Ordinateur. Enfance, n°. 2-3, pp. 165-182.

ELMAN, J. L. (1993). Learning and Development in Neural Networks: the Importance of Starting Small. Cognition, n°. 48, pp. 71-99.

ERICSSON, K. & SIMON, H. (1980). Verbal Reports as Data. Psychological Review, Vol. 87, n° 3, pp. 215- 251.

FALBEL, A. (1990). Education Through Schooling: The Sad Triumph of the Technocentric Ethos. In Epistemology & Learning Group, Memo n.º 6. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab., p. 20.

FAY, A & MAYER, R. (1994). Benefits of Teaching Design Skills Before Teaching LOGO Computer Programming: Evidence for Syntaxe-Independent Learning. Journal of Educational Computing Research, Vol. 11, n° 3, pp. 187-210.

FEIN, G. CAMPBELL, P. & SCHWARTZ, S. (1987). Microcomputers in the Preschool: Effects on Social Participation and Cognitive Play. Journal of Applied Developmental Psychology, n° 8, pp. 197-208.

FERGUSON, D. L. (1992). Computers in Teaching and Learning: Na Interpretation of Current Practices and Sugestions for Future Directions. In E. Scanlon & T. O'Shea (ed.), New Directions in Educational Technology. Germany: Springer-Verlag / NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 96., pp. 33-50.

FEURZEIG, W.; PAPERT, S.; BLOOM, M.; GRANT, R. & SOLOMON, C. (1969). Programming Languages as a Conceptual Framework for Teaching Mathematics. Report n° 1899. Cambridge, Mass.: Bolt, Beranck & Newman Inc.

FLAVELL, J. H. (1992). Cognitive Development: Past, Present, and Future. Developmental Psychology, Vol. 28, N° 6, pp. 998-1005.

FODOR, J. (1995). The Folly of Simulation. In P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 85-100.

FRAISSE, P. (1968/69). Modèles pour une Histoire de la Psychologie. Bulletin de Psychologie, 276, XXII, pp. 540-545.

FRAISSE, P. (1974). Manuel Pratique de Psychologie Expérimentale. Paris: PUF (4ème Ed.).

FRAISSE, P.; PIAGET, J. & REUCHLIN, M. (1972). Tratado de Psicologia Experimental. Vol. I: História e Método. S.Paulo: Companhia Editora Forense (2ª Ed.).

FRANKLIN, S. (1995). Artificial Minds.

FREY, L. (1982). Un Modèle d'Analyse de Processus: l'Automate Fini. Cahier n° 3 de la Fondation Archives Jean Piaget, pp. 217-240.

FRIEND, J. (1987). L'Ordinateur dans l'Enseignement: une Rétrospective. Perspectives, Vol. XVII, n° 3, pp. 393-405.

FRIMAN, P. C. et al. (1993). Changes in Modern Psychology. A Citation Analysis of the Kuhnian Displacement Thesis. American Psychologist, Vol. 48, n° 6, pp. 658-664.

GARDNER, H. (1985). The Mind's New Science: a History of the Cognitive Revolution. USA: Basic Books Inc. Publishers, p. 403 (2nd ed.)

GIACQUINTA, J. B.; BAVER, J. A. & LEVIN, J. E. (1993). Beyond Technology's Promise: an Examination of Children's Educational Computing at Home. Cambridge: Cambridge University Press, p. 244.

GIARDINA, M. (1992). Interactive Multimedia Learning Environments. Humans Factors and Technical Considerations on Design Issues. NATO ASI Series. Springer-Verlag.



GIBSON J. J. & PICK, A. D. (1963). Perception of Another Person's Looking Behavior. The American Journal of Psychology, Vol. LXXVI, n°. 3, pp. 386-394.

GIBSON J. J. & GIBSON, E. J. (1955). Perceptual Learning: Differentiation or Enrichment. Psychological Review, Vol. 62, n°. 1, pp. 42-55.

GIBSON J. J. & GIBSON, E. J. (1955). What is Learned in Perceptual Learning? A Reply to Professor Postman. Psychological Review, Vol. 62, n°. 6, pp. 447-450.

GIBSON J. J. (1954). The Visual Perception of Objective Motion and Subjective Movement. Psychological Review, Vol. 61, n°. 5, pp. 304-314.

GIBSON J. J. (1952). The Visual Field and the Visual World: a Reply to Professor Boring. Psychological Review, Vol. 59, n°. 2, pp. 149-151.

GIBSON J. J. (1951). What is a Form? Psychological Review, Vol. 58, n°. 6, pp. 403-412.

GICK, M. & HOLYOAK, K. (1983). Schema Induction and Analogical Transfer. Cognitive Psychology, N°. 15, pp. 1-38.

GLASER, R. (1988). La Science Cognitive et l'Éducation. Revue Internationale des Sciences Sociales, n°. 115, pp. 23-51.

GLASER, R. (1984). Education and Thinking: the Role of Knowledge. American Psychologist, Vol. 39, pp. 93-104.

GLASER, R. (1982). Instructional Psychology: Past, Present and Future. American Psychologist, Vol. 37, pp. 292-305.

GLASER, R. (1981). The Future of Testing: a Research Agenda for Cognitive Psychology and Psychometrics. American Psychologist, vol. 36, n.° 9, pp. 923-936.

GORMAN, H. & BOURNE, L. (1983). Learning to Think by Learning LOGO: Rule Learning in Third Grade Computer Programmers. Bulletin of Psychonomic Society, nº. 21, pp. 165-167.

GREGORY, R. (1995). La Inteligencia y la Vista. In J. Khalfa (ed). Qué es la Inteligencia?. Madrid: Alianza editorial (pp. 21-34).

GREGORY, R. (1989). Percepção Visual e Ilusões. In J. Miller, Estados de Espírito. Diálogos com Investigadores de Psicologia. Lisboa: Editorial Presença (pp. 41-65).

GROUWS, D. A. (ed) (1992). Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. New York: Macmillan.

GURTNER, J.-L. & RETSCHITZKI, J. (1991). LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé S.A. (p. 296).

HALL, E. W. (1942). Some Dangers in the Use of Symbolic Logic in Psychology. Psychological Review, Vol. 49, nº. 2, pp. 142-169.

HAMILTON, D. (1983). Contraste de Supuestos entre el Analisis de Muestras y el Estudio de Casos en la Investigacion. In J. G. Sacristán & A. Pérez Gómez (Eds.), La Enseñanza: su Teoria y su Práctica. Madrid: Akal Editor, pp. 139-147.

HAREL, I. & PAPERT, S. (Eds.). (1990). Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Laboratory (p. 471).

HEIDEGGER, M. (1972). O Fim da Filosofia ou a Questão do Pensamento. S. Paulo: Livraria Duas Cidades (p. 111). (Tradução do original: Zur Sache des Denkens, 1969).

HOBBS, T. (1983). A Natureza Humana. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda (p. 158). (Tradução, introdução e notas de João Aloísio Lopes).

HOFSTADTER, D. & DENNETT, D. (orgs) (1986). The Mind's I. Fantasies and Reflections on Self and Soul. England: Penguin Books (4ª ed.) (p. 501).

HOLYOACK, K. J. (1991). Problem Solving. In D. n. Osherson & E. e. Smith (eds), Thinking: na Invitation to Cognitive Science. Cambridge, Mass.: The MIT Press (pp. 117-145).

HORTON, J. & RYBA, K. (1986). Assessing Learning with LOGO: a Pilot Study. The Computing Teacher, August/September, pp. 24-28.

INHELDER, B. & CAPRONA, D. (1991). Vers le Constructivisme Psychologique: Structures? Procédures? Les Deux Indissociables. In B. Inhelder, G. Cellérier et al., Le Cheminement des Découvertes de l'Enfant. Recherche sur les Microgenèses Cognitives. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 19-50).

INHELDER, B. CELLÉRIER, G. et al. (1991). Le Cheminement des Découvertes de l'Enfant. Recherche sur les Microgenèses Cognitives. Neuchâtel: Delachaux. (p. 319).

INHELDER, B., SINCLAIR, H. & BOVET, M. (1974). Apprentissage et Structures de la Connaissance. Paris: PUF.

JAMES, W. (1915). Précis de Psychologie. Paris: Marcel Rivière & C. Éditeurs (4 ème ed.) (tradução do original 'Text –book of Psychologie, Briefer Course', 1908).

JOHNSON, D. & JOHNSON, R. (1985). Cooperative Learning: one Key to computer Assisted Learning. The Computing Teacher, October, pp.26-28.

JOHNSON, R. & JOHNSON, D. (1985). Student-Student Interaction: Ignored but Powerful. Journal of Teacher Education, Vol. XXXVI, nº. 4, pp. 22-26.

JOHNSON, J. & KANE, K. (1992). Developmental and Task Factors in LOGO Programming. Journal of Educational Computing Research, Vol. 8, nº. 2, pp. 229-253.

JOHNSON-LAIRD, P. (1994). L'Ordinateur et l'Esprit. Paris: Éditions Odile Jacob. (p.472). (Tradução do original: *The Computer and the Mind*, 1988, 1993, by Fontana Press – Harper Collins).

JOHNSON-LAIRD, P. (1993). Human and Machine Thinking. New jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. (p. 189).

JOHNSON-LAIRD, P. (1988). A Taxonomy of Thinking. In R. Sternberg & E. Smith (Eds), The Psychology of Human Thought. New York: Cambridge University Press, pp. 429- 457.

JOHNSON-LAIRD, P. (1988). La Représentation Mentale de la Signification. Revue Internationale des Sciences Sociales, nº. 115, pp. 53-69.

JONASSEN, D. (1996). Computers in the Classroom. Mindtools for Critical Thinking. New Jersey: Prentice-Hall . (p. 291).

KACHIGAN, S. K. (1991). Multivariate Statiscal Analysis. A Conceptual Introduction. New York: Radius Press (2nd edition).

KARAKOTSIOS, K. & BREMER, M. (1992). SIM LIFE: The Artificial Life Experimenter's Handbook From the Creators of Sim Life. USA: Prima Publishing.

KERCKHOVE, D. (1977). A Pele da Cultura. Uma Investigação sobre a Nova Realidade Electrónica. Lisboa: Relógio D'Água Editores. (tradução do original: *The Skin of Culture: Investigating the New Electronic Reality*, 1995).

KERLINGER, F. (1969). Foundations os Behavioral Research. Educational and Pshychological Inquiry. New York: Holt Rinehart & Winston.

KHALFA (ed). (1995). Qué es la Inteligencia? Madrid: Alianza Editorial (tradução do original: What is Intelligence?. Cambridge: Cambridge University Press, 1994).

KLAHR, D. (1976). Goal Formation, Planning, Learning by Pre-School Problem Solvers or: "My Socks are in the Dryer. In R. S. Siegler (ed), Children's Thinking: What Develops?. New Jersey: Lawrence Erlbaum.

KOCH, S. (1993). "Psychology" or "The Psychological Studies"? American Psychologist, Vol. 48, nº. 8, pp. 902-904.

KUHN, S. T. (1989). A Tensão Essencial. Lisboa: Edições 70. (tradução do original: The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change. Chicago: University of Chicago, 1977).

KUHN, S. T. (1970). The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: The University of Chicago Press (2nd edition, p. 210).

LARIVÉE, S. & MICHAUD, N. (1980). L'Ordinateur au Secours de l'Inadaptation. Revue des Sciences de l'Education, Vol. VI, nº. 3, pp. 451-472.

LAUTERBACH, R. & FREY, K. (1987). Les Logiciels Éducatifs: Bilan et Perspectives. Perspectives, Vol. XVII, nº. 3, pp. 417-437.

LAVE, J. & WENGER, E. (1995). Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation. New York: Cambridge University Press. (p. 138).

LAVE, J. (1997). Cognition in Practice. Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life. Cambridge: Cambridge University Press. (6th ed., 1st ed: 1988).

LAWLER, R. (1905). Computer Experience and Cognitive Development. Chichester: Ellis Horwood.

LEAHEY, T. (1992). The Mythical Revolutions of American Psychology. American Psychologist, Vol. 47, nº. 2, pp. 308-318.

LEHRER, R. et al. (1988). Influences of LOGO on Children's Intellectual Development. In R. E. Mayer (Ed.), Teaching and Learning Computer Programming. Multiple Research Perspectives. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 75-110.

LEMERISE, T. (1991). Projects Libres, Projects Orientés ou Projects Structurés: Contribution à la Promotion et l'Évaluation d' Habilités Spécifique en LOGO. In J.-L.Gurtner & J. Retschitzki (dir), LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé S.A. (pp. 205-214).

LÉON, A.; CAMBON, J; LUMBROSO, M. & WINNYKAMEN, F. (1980). Manual de Psicopedagogia Experimental. Lisboa: Moraes Editores.

LEPLAT, J. (1973). O Método Experimental em Psicologia Aplicada. In Tratado de Psicologia Aplicada, Volume II. Paris: PUF, pp. 19-61.

LERON, U. (1985). LOGO Today: Vision and Reality. Computing Teacher, February, pp. 26-32.

LEPPER, M. & GURTNER, J-L. (1989). Children and Computers. Approaching the Twenty-First Century. American Psychologist, Vol. 44, nº. 2, pp. 170-178.

LESGOLD, A. (1988). Problem Solving. In R. Sternberg & E. Smith (Eds), The Psychology of Human Thought. New York: Cambridge University Press, pp. 188-213.

LÉVY, P. (1996). A Invenção do Computador. In M. Serres (dir). Elementos para uma História das Ciências III. De Pasteur ao Computador. Lisboa: Teorema (pp. 157-183).

LÉVY, P. (1994). As Tecnologias da Inteligência. O Futuro do Pensamento na Era Informática. Lisboa: Instituto Piaget. (p. 263). (tradução do original: Les Technologies de l'Intelligence – L'Avenir de la Pensée à l'Ère Informatique, 1990).

LIAO, Y-K. & BRIGTH, G. (1991). Effects of Computer Programming on Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis. Journal of Educational Computing Research, Vol. 7, nº 3, pp. 251-268.

LIEURY, A (1994). A Memória. Do Cérebro à Escola. Lisboa: Instituto Piaget. (tradução do original: La Mémoire: du Cerveau à l'École. Paris: Flammarion, 1993).

LIEURY, A (1992). Des Méthodes pour la Mémoire. Paris: Dunod.

LIGHT, P. H. & MEVARECH, Z. R. (1992). Cooperative Learning with Computers: An Introduction. Learning and Instruction, Vol. 2, pp. 155-159.

LITTLEFIELD, J. , DELCLOS, V. et al. (1988). Learning LOGO: Method of Teaching, Transfer of General Skills, and Attitudes Toward School and Computers. In R.E. Mayer (Ed.), Teaching and Learning Computer Programming. Multiple Research Perspectives. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, pp. 111-135.

LITTLEFIELD, J. (1992). Book Review of Constructionism, by I. Harel & s. Papert, Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1991. Journal of Educational Computing Research, nº. 8, pp. 395-399.

LOMOV, B. F. (1988). La Science Cognitive et les Rapports entre l'Esprit et le Corps. Revue Internationale des Sciences Sociales, nº. 115, pp. 95-107.

LOUGH, T. & TIPPS, S. (1986). Learning with LOGO. Journal of Computers in Mathematics and Sciences Teaching, pp. 62-66.

LUEHRMANN, A (1981). Computer Literacy: What Should it Be?. Mathematics Teacher, nº. 74, pp. 682-686.

LUMSDAINE, A (1964). Educational Technology, Programmed Learning, and Instructional Science. *In* E. R. Hilgard (ed), Theories of Learning and Instruction. Chicago: National Society for the Study of Education.

LUMSDAINE, A & GLASER, R. (1960). Teaching Machines and Programmed Learning. A Source Book. New York: Department of Audio-Visual Instruction, NEA.

LURIA, LEONTIEV, VYGOTSKY et al. (1991). Psicologia e Pedagogia I: Bases psicológicas da Aprendizagem e do Desenvolvimento. Lisboa: Editorial Estampa (2ª edição, p. 226) (Colectânea de textos traduzidos do italiano, 1969).

MANDEL, H. & LESGOLD, A. (Eds) (1988). Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. New York: Springer-Verlag (p. 307).

MAYER, R. (Ed.) (1988). Teaching and Learning Computer Programming. Multiple Research Perspectives. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.

MARCELLUS, O. (1991). Pédagogie Active et Projets de Classe avec LOGOWriter. *In* J.-L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 215-228).

MARR, D. (1982). Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. New York: W. H. Freeman and Company.

MARTI, E. (1984). El Ordenador como Metáfora: las Possibilidades Educativas de LOGO. Infancia Y Aprendizaje, nº 26, pp. 47-64.

MATOS, J. F. & PONTE, J. P. (1990). LOGO. Manual de Utilização. Sugestões de Actividades. Lisboa: Projecto Minerva, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.



MATURANA, H. & VARELA, F. (1996). El Arbol Del Conocimiento. Las Bases Biológicas del Conocimiento Humano. Madrid: Editorial Debate. (1ª ed. 1990).

McCLELLAND, J. (1995). Toward a Pragmatic Connectionism. In P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 131-144.

McCELLAND, J. L. & RUMELHART, D. (1981). An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 1: An Account of Basic Findings. Psychological Review, Vol. 88, nº. 5, pp. 375-407.

McCELLAND, J. L.; RUMELHART, D. and the PDP Research Group (1986). Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol 1: Foundations; Vol 2: Psychological and Biological Models. Cambridge, Mas.: The MIT Press.

MELLAR, H. BLISS. J. (1993). Expressing the Student's Concepts versus Exploring the Teacher's: Issues in the Design of Microworlds for Teaching. Journal of Educational Computing Research, Vol. 9, nº. 1, pp. 89-113.

MENDELSON, P. (1994, 1996). Peut-on Vraiment Opposer Savoirs et Savoir-Faire quand on Parle d'Apprentissage? Texto consultado na Internet. Concebido com CERN WebMaker.

MENDELSON, P. (1994). Le Transfer des Connaissances: la Pierre Philosophale de l'Enseignant. Comunicação apresentada no Colloque International sur les Transferts de Connaissances en Formation Initiale et Continue. Lyon: 29 Septembre 1994.

MENDELSON, P. (1991). Méthodes d'Observation: Introduction. In J.-P. Gaverni et al. (dir.), Psychologie Cognitive: Modèles et Méthodes, Grenoble: PUG (pp. 245-250).

MENDELSON, P. (1991). LOGO: Qu'est-ce Qui se Développe. *In* J.-L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 29-37).

MENDELSON, P. (1991). Les Environnements Intelligents d'Apprentissage. *In* J. Montagero & A. Tryphon (eds), Psychologie Génétique et Sciences Cognitives. Genève: Foundation Archives Jean Piaget (pp. 75-95).

MENDELSON, P., GREEN, T. & BRNA, P. (1990). Programming Languages in Education: The Search for na Easy Start. *In* J. M. Hoc, T. R. Green, R. Samurçay & D. J. Gilmore (Eds.), Psychology of Programming. London: Academic Press, pp. 175-200.

MENDELSON, P. (1987). Les Activités de Programmation chez l'Enfant: le Point de Vue de la Psychologie Cognitive. Technique et Science Informatiques. N° 7, pp. 47-58.

MENDELSON, P. (1987). Apprentissage d'un Système de Commande Informatisé et Organisation des Connaissances chez l'Enfant. Pf, n° 32, pp. 287-292.

MENDELSON, P. (1985). L'Analyse Psychologique des Activités de Programmation Chez l'Enfant de CM1 e CM2. Enfance, n°. 2-3, pp. 213-221.

MENDELSON, P. (1985). Problemes Cognitifs et Didactiques Posés par l'Apprentissage d'un Langage de Programmation à l'École Elementaire. *In* Jean Vivier (org), Les Problemes de l'Éleve à l'École Elementaire. Acte du Colloque du 22-23 Nov. 85. Caen: Éditions de l'École Normale du Calvados, 1986.

MERLEAU-PONTY, M. (1986). L'Oeil et l'Esprit. Paris: Éditions Gallimard.

MERLEAU-PONTY, M. (1963). La Structure du Comportement. Paris: PUF (1<sup>a</sup> ed.: 1942) (p. 248).

MEVARECH, Z. R. & LIGHT, P. H. (1992). Peer-Based Interaction at the Computer: Looking Backward, Looking Forward. Learning and Instruction, Vol. 2, pp. 155-159.

MEVARECH, Z. R. & KRAMARSKI, B. (1992). How and How Much Can Cooperative LOGO Environments Enhance Creativity and Social Relationships?. Learning and Instruction, Vol. 2, pp. 259-274.

MICHAYLUK, J. (1986). LOGO: More than a Decade Later. British Journal of Educational Technology, nº. 1, Vol. 17, pp. 35-40.

MILLER, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. Psychological Review, nº 63, pp. 81-97.

MILLER, J. (1989). Estados de Espírito. Diálogos com Investigadores de Psicologia. Lisboa: Editorial Presença. (p. 311). (Tradução do original: States of Mind, 1983).

MINSKY, M. (1987). The Society of Mind. New York: Simon & Schuster.

MIRANDA G. et al. (1996). Os Computadores e o Ensino. O LOGO e a Aprendizagem. Um Balanço Crítico. Psicologia, Vol. X, nº 3, pp. 175-191.

MIRANDA, G. (1990). Crianças do Pré-Escolar Programam em LOGO: Análise dos Efeitos Cognitivos de Um Ano de Experiência. Análise Psicológica, Vol. 1, nº VIII, pp. 47-60.

MIRANDA, G. (1989). A Linguagem LOGO no Pré-Escolar. Avaliação de alguns efeitos Cognitivos Decorrentes da Actividade de Programação. Tese de Mestrado em Psicologia da Educação. Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa. (texto policopiado).

MISHEL, E. G. (1986). Research Interviewing. Context and Narrative. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (p. 189).

MONTAGERO, J. & TRYPHON, A. (eds), Psychologie Génétique et Sciences Cognitives. Genève: Foundation Archives Jean Piaget (p. 215).

MUIR, M. (1992). How Do You Run Hypercard Projects?. The Computer Teacher, October, pp. 10-12.

MULLER, F.-L. (1979). História da Psicologia. Vol I: Da Antiguidade a Bergson e Vol II: A Psicologia Contemporânea. Lisboa: Publicações Europa- América. (edição original: Histoire de la Psychologie. Voll: De l'Antiquité à Bregson e Vol II: Psychologie Contemporaine. Paris: Payot, 1976).

NEWELL, A. (1995). The Serial Imperative. In P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 145-156.

NEWELL, A., SHAW, J.C. & Simon, H. (1958). Elements of a Theory of Human Problem Solving. Psychological Review, Vol. 65, nº.3, pp. 151-166.

NOSS, R. & HOYLES, C. (1991). Deux Pas en Avant, un Pas en Arrière? In J.-L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 157-165).

OHLSSON, S. (1992). Towards Intelligent Tutoring Systems that Teach Knowledge Rather than Skills: Five Research Questions. In E. Scanlon & T. O'Shea (ed.), New Directions in Educational Technology. Germany: Springer-Verlag / NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 96., pp.71- 96.

OSHERSON, D. & SMITH. E. (ed.) (1991). Thinking: An Invitation to Cognitive Science (vol. 3). Cambridge, Mass.: The MIT Press.

PAOUR, J. L.; CABRERA, F. & ROMAN, M. (1985). Educabilité de l'Intelligence dans un Environnement Micro-Informatique à Programmer. Enfance, nº 2-3, pp. 147-158.

PAPERT, S. (1997). A Família em Rede. Lisboa: Relógio D'Água Editores. (tradução do original: The Connected Family. Bridging the Digital Generation Gap, 1996).

PAPERT, S. (1993). The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer. New York: Basic Books (p. 241).

PAPERT, S. (1993). Obsolete Skill Set: The 3 Rs. Wired, May/June, pp. 50-52

PAPERT, S. & VOYAT, G. (1986). A Propos du Perceptron. Qui a Besoin de l'Epistémologie. In G. Cellerier, S. Papert & G. Voyat, Cibernétique et Epistémologie. Études d'Epistémologie Génétique, vol. XXII. Paris: PUF (pp. 92-121).

PAPERT, S. (1987). Microworlds: Transforming Education. Texto polocopiado, p. 16.

PAPERT, S. (1982). Les Ressources de l'Enfant et l'Ordinateur. In R. Cohen, Plaidoyer pour les Apprentissages Précoces. Paris: PUF (pp. 82-93).

PAPERT, S. (1982). Structures et Intelligence. Cahier nº. 3 - Foundation Archives Jean Piaget. Genève: F. A. J.P. (pp. 183-190).

PAPERT, S. (1980). Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas. New York: Basic Books.

PAPERT, S.; WATT, D.; DISESSA, A. & WEIR, S. (1979). Final Report of the Brookline LOGO Project – Part II: Project Summary and Data Analysis. LOGO Memo nº 53. Cambridge, Mass.: MIT – AIL.

PAPERT, S. (1976). A Evaluation Study of Modern Technology in Education. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

PAPERT, S. & SOLOMON, C. (1972). Twenty Things to do with a Computer. Educational Technology, vol., 12, n.º 4, pp. 9-18.

PAPERT, S. (1972). A Computer Laboratory for Elementary Schools. Computer and Automation, Vol. 21, n.º 6.

PAPERT, S. (1963). Étude Comparée de l'Intelligence chez l'Enfant et chez le Robot. In L. Apostel, J. B. Grize, S. Papert & J. Piaget, La Filiation des Structures. Études d'Epistemologie Génétique, vol. XIV. Paris: PUF (pp. 131-194).

PAVLOV, I. (1976). Fisiologia e Psicologia. Lisboa: Editorial Estúdios Cor, Lda.

PEA, R. D. & KURLAND, D. M. (1984). On the Cognitive Effects of Learning Computers Programming. New Ideas in Psychology, Vol. 2, n.º. 2, pp. 137-168.

PEDRÓ, F. (1987). Breve História de la Enseñanza Asistido por Ordenador (E. A.O.). Educadores, Vol. 29, n.º. 142, pp. 217-226.

PENROSE, R. (1996). Las Sombras de la Mente. Barcelona: Crítica. (Tradução do original 'Shadows of the Mind. A Search for the Missing Science of Consciousness' (1994). Oxford: Oxford University Press).

PENROSE, R. (1997). A Mente Virtual (The Emperor's New Mind). Sobre Computadores, Mentes e as Leis da Física. Lisboa: Gradiva. (Tradução do original 'The Emperor's New Mind – Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics (1989). Oxford: Oxford University Press).

PIAGET, J.; INHELDER, B. et al. (1966). L'Image Mentale chez l'Enfant. Paris: PUF.

PIAGET, J. et al. (1974). La Prise de Conscience. Paris: PUF.

PIAGET, J. et al. (1974). Réussir et Comprendre. Paris: PUF.

PIAGET, J. (1975). L'Équilibration des Structures Cognitives – Problème Centrale du Développement. Paris: PUF (tradução em língua portuguesa: O Desenvolvimento do Pensamento: Equilibração das Estruturas Cognitivas. Lisboa: Publicações D. Quixote, 1977).

PIAGET, J.; INHELDER, B. (1976). La Psychologie de l'Enfant. Paris: PUF – Que Sais-Je? (7ª ed.).

PIAGET, J. et al. (1977). Recherches sur l'Abstraction Réfléchissante. Vol.1: L'Abstraction des Relations Lógico-Aritmétiques; Vol.2: L'Abstraction des Relations Spatiales. Paris: PUF – Études d'Épistémologie Génétique.

PIAGET, J. et al. (1978). Recherches sur la Généralisation. Paris: PUF – Études d'Épistémologie et de Psychologie Génétique.

PONTE, J. P. (1994). O Projecto Minerva. Introduzindo as NTI na Educação em Portugal. Lisboa: depgef – ME. (edição bilingue: português/inglês, p. 200).

POTTER, M. (1991). Remembering. In D. n. Osherson e. e. Smith (ed.), Thinking: na Invitation to Cognitive Science. Cambridge, Mass.: The MIT Press (pp. 3-32).

PRESSEY, S. L. (1926). A Simple Apparatus which Gives Tests and Scores – and Teaches. In A. Lumsdaine & R. Glaser (ed.) (1960), Teaching Machines and Programmed Learning. A Source Book. New York: NEA.

PROJECTO MINERVA (1986). Novas Tecnologias de Informação no Ensino Básico: Problemática, Objectivos e Metodologia. Projecto DC/3 do Pólo Lisboa do Projecto Minerva. Lisboa: GEP – ME.

PUTMAN, H. (1995). Against the New Associationism. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 177-188.

PUTMAN, H. (1989). Representation and Reality. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

RATCLIFF, R. & MCKOON, G. (1994). Retrieving Information From Memory: Spreading-Activation Theories Versus Compound-Cue Theories. Psychological Review, Vol. 101, n° 1, pp. 177-184.

RESNICK, L. B. (1989). Instructional Psychology. *In* M. Eraut (Ed.), The International Encyclopedia of Educational Technology. Oxford: Pergamon Press, pp. 363-375.

RESNICK, M. (1990). MultiLogo: a Study of Children and Concurrent Programming. *In* I. Harel (ed.), Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab. (pp. 185-216).

RESNICK, M. & OCKO, S. (1990). LEGO-LOGO: Learning Through and About Design. *In* I. Harel (ed.), Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab. (pp. 121-128).

RESNICK, M. (1990). Overcoming the Centralized Mindset: Towards na Understanding of Emergent Phenomena. E&L Memo N° 11. MIT Media Lab.: Epistemology and Learning Group.

RETSCHITZI, J. (1986). Retombées Cognitives d'un Enseignement de Programmation LOGO. Conferência proferida na Faculdade de Psicologia et des Sciences de l'Éducation - Université de Genève.

RIORDOM, T. (1982). Creating a LOGO Environment. The Computing Teacher, Vol. 10, n° 3, pp. 46-50.



ROWNTREE, D. (1976). Educational Technology in Curriculum Development. London: Harper and Row Publishers (2nd ed.).

RICHARDS, J.-F. (1990). Les Activités Mentales: Comprendre, Raisonner, Trouver des Solutions. Paris: Armand Colin (p. 434).

ROSENFELD, I. (1994). L'Invention de la Mémoire. Paris: Flammarion. (tradução do original: *The Invention of Memory, a New View of the Brain*. N.Y.: Basic Books, 1988).

RUELLE, D. (1994). O Acaso e o Caos. Lisboa: Relógio D'Água Editores. (tradução do original: *Hasrad et Chaos*. Paris: Éditions Odile Jacob, 1991).

RUMELHART, D. & McCELLAND, J. L. (1982). An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: Part 2: The Contextual Enhancement Effect and some Tests and Extensions of the Model. Psychological Review, Vol. 89, nº. 1, pp. 60-94.

SACKS, O. (1996). Escotoma: Una Historia de Olvido y Despercio Científico. In R. B. Silvers (ed.), Historias de la Ciencia y del Olvido. Madrid: Ediciones Siruela, pp. 13-61 (tradução do original 'Hidden Histories of Science', de 1995).

SAMURÇAY, R. & ROUCHIER, A. (1985). De Faire à Faire-Faire: Planification d'Actions dans la Situation de Programmation. Enfance, nº 2-3, pp. 241-254.

SCHEERER, E. (1988). Esquisse d'une Histoire de la Science Cognitive. Revue Internationale des Sciences Sociales, nº. 115, pp. 7-21.

SCHANK, R. & BIRNBAUM, I. (1995). Cómo Mejorar la Inteligencia. In J. Khalfa (ed.), Qué es la Inteligencia?. Madrid: Alianza Editorial, pp. 79-110.

SCHOFIELD, J. W. (1995). Computers and Classroom Culture. Cambridge: Cambridge University Press.

SEARLE, J. (1995). Ontology Is the Question. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 203-214.

SEARLE, J. R. (1986). Minds, Brains , and Programs. *In* D. Hofstadter & D. Dennett (org.), The Mind's I. Fantasies and Reflections on Self and Soul. England: Penguin Books, 4th ed., pp. 353-382. (artigo publicado pela 1ª vez em 1980, no livro *The Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3. Cambridge University Press).

SEARLE, J. (1987). Mente, Cérebro e Ciência. Lisboa: Edições 70 (p. 125). (tradução do original: *Minds, Brain and Science*, 1984).

SERRES, M. (1993). Les Origines de la Géométrie. Paris: Flammarion (p. 337).

SEWELL, D. F. & ROTHERAY, D. R. (1987). Les Applications de l'Ordinateur dans l'Enseignement. Perspectives, Vol. XVII, nº. 3, pp. 407-415.

SHAW, A. C. (1990). Naming Nature. Science and Technology as Media of Consensus Formations. *In* I. Harel (ed.), Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab. (pp. 439-452).

SHAW, A. C. (1990). From Conscription to Creativity. *In* I. Harel (ed.), Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab. (pp. 433-438).

SCHEERER, E. (1988). Esquisse d'une Histoire de la Science Cognitive. Revue Internationale des Sciences Sociales, nº. 115, pp. 7-21.

SHNEIDERMAN, B. (1985). When Children Learn Programing: Antecedents, Concepts and Outcomes. The Computing Teacher, Feb., pp. 14-17.

SIANN, G. & MACLEOD, H. (1986). Computers and Children of Primary School Age: Issues and Questions. British Journal of Educational Technology, nº 2, Vol. 17, pp. 133-143.

SIMON, H. (1995). Technology Is Not the Problem. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 231-248.

SIMON, H. (1982). Cognitive Processes of Experts and Novices. Cahiers nº 3 de la Fondation Archives Jean Piaget. Genève: F.A.J. P., pp. 155-182.

SIMON, H. (1981). As Ciências do Artificial. Coimbra: Arménio Amado Editor, Sucessor (p. 351). (tradução do original: The Sciences of the Artificial. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1970, 1981).

SIMON, H. (1967). Motivational and Emotional Controls of Cognition. Psychological Review, Vol.74, nº.1, pp. 29-39.

SKINNER, B. F. (1968). The Technology of Teaching. New York: Appleton Century Crofts.

SKINNER, B. F. (1953). Science and Human Behavior. New York: Macmillan.

SKINNER, B. F. (1950). Are Theories of Learning Necessary? Psychological Review, Vol. 57, nº. 4, pp. 193- 216

SLOMAN, A. (1982). Computational Epistemology. Cahiers nº. 2 de la Fondation Archives Jean Piaget. Genève: F.A.J. P., pp. 51-96.

SMITH, E. (1991). Categorization. *In* D. n. Osherson & e. e. Smith (ed.), Thinking: na Invitation to Cognitive Science. Cambridge, Mass.: The MIT Press (pp. 33-53).

SMITH, L. D. (1993). Natural Science and Unnatural Technology. American Psychologist, May, pp. 588-589.

SNOW, R. E. (1992). Aptitude Theory: Yesterday, Today, and Tomorrow. Educational Psychologist, Nº. 27, pp. 5-32.

SPERRY, R. W. (1993). The Impact and Promise of the Cognitive Revolution. American Psychologist, Vol. 48, Nº. 8, pp. 878-885.

STENHOUSE, L. (1993). La Investigación como Base de la Enseñanza. Madrid: Ediciones Morata. (2ª ed.) (p. 183).

STERNBERG, R. & WAGNER, R. (1993). Inteligência Prática e Conhecimento Tácito. Revista Portuguesa de Psicologia, Nº. 29, pp. 7-34.

STERNBERG, R. J. (1988). Intelligence. In R. Sternberg & E. Smith (Eds), The Psychology of Human Thought. New York: Cambridge University Press, pp. 267- 308.

STERNBERG, R. J. (1986). Intelligence Applied: Understanding and Increasing your Intellectual Skills. USA: HBJ Publishers (p. 358).

STREIBEL, M. (1983). The Educational Utility of LOGO. School Science and Mathematics, vol. 83, n.º 6, pp. 474-484.

STRIJK, D. (1992). História Concisa das Matemáticas. Lisboa: Gradiva. (2ª ed.) (p. 395). (tradução do original: A Concise History of Mathematics, 1987, 4ª ed.).

TERCEIRO, J. B. (1997). Socied@de Digit@l. Do Homo Sapiens ao Homo Digitalis. Lisboa: Relógio D'Água Editores ( p. 253) (tradução do original: Socie d@d Digit@l. Del Homo Sapiens al Homo Digitalis, 1996).

TERLON, C. (1985). Les Filles et l'Informatique. Enfance, n.º 2-3, pp. 255-259.

TOLMAN, E. C. (1949). There is More than One Kind of Learning. Psychological Review, Vol. 56, nº. 3, pp. 144-155.

TOLMAN, E. C. (1949). The Nature and Functioning of Wants. Psychological Review, Vol. 56, nº. 6, pp. 357-369.

TOMIC, W. & KLAUER, K. (1996). On the Effects of Training Inductive Reasoning: How far Does it Transfer and How Long Do the Effects Persist? European Journal of Psychology of Education, Vol. XI, Nº. 3, pp. 283-299.

TRAVERS, R. (1971). An Introduction to Educational Research. New York: McMillan (3th ed.).

TURING, A. M. (1986). Computing Machinery and Intelligence. In D. Hofstadter & D. Dennett (org.), The Mind's I. Fantasies and Reflections on Self and Soul. England: Penguin Books, 4th ed., pp. 53-68. (publicado pela 1ª vez em 1950, na revista Mind, Vol. LIX, n.º 236 ).

TURKLE, S. (1997). A Vida no Ecrã. A Identidade na Era da Internet. Lisboa: Relógio D'Água Editores. (p. 482) (tradução do original: Life on Screen. Identity in the Era of Internet, 1995).

TURKLE, S. & PAPERT, S. (1990). Epistemological Pluralism: Styles and Voices within the Computer Culture. . In I. Harel (ed.), Constructionist Learning. Cambridge, Mass.: MIT Media Lab. (pp. 345-378).

TURKLE, S. (1984). The Second Self. New York: Granada.

VALENTE, J. A. (org.) (1993). Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação. S. Paulo: UNICAMP/NIED. (p. 418).

VALCKE, M. (1991). Méta-Analyse des Recherches Consacrées à LOGO. In L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 79-91).

VAN HIELE, P. M. (1986). Structure and Insight: a Theory of Mathematics Education. London: Academic Press (p. 246).

VARELA, F. J. (1991). Brain Time, Cognitive Time. In J. Montagero & A. Tryphon (ed.), Psychologie Génétique et Sciences Cognitives. Genève: Foundation Archives Jean Piaget, pp. 195-208.

VARELA, F. J. (19..). Conhecer as Ciências Cognitivas. Tendências e Perspectivas. Lisboa: Instituto Piaget (tradução do original "Connaître, Les Sciences Cognitives, Tendances et Perspectives").

VERSCHAFFEL, L. DE CORTE, E. & SCROOTEN, H. (1991). Transfer des Stratégies Cognitives par un Système Didactique Basé sur LOGO. In L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 29-37).

VIGNAUX, G. (1995). As Ciências Cognitivas. Lisboa: Instituto Jean Piaget. (p. 361). (tradução do original: Les Sciences Cognitives – Une Introduction, 1991).

VIRILIO, P. (1996). Cybermonde, la Politique du Pire. Paris: Les éditions Textuel.

VIRILIO, P. (1995). La Vitesse de Libération. Paris: Éditions Galilée.

VITALE, B. (1991). Dix Thèse sur l'Intégration de l'Informatique à la Pratique Pédagogique. In L. Gurtner et J. Retschitzki, LOGO et Apprentissages. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé (pp. 241-250).

VITALE, B. (1988). Programming Languages and Modelling Activities Seen as Objects of Knowledge. Texto policopiado, Université de Genève, p. 10.

VYE, N. J.; DELCLOS, V. R.; BURNS, M. S. & BRANSFORD, J. D. (1988). Teaching Thinking and Problem Solving: Illustrations and Issues. In R. Sternberg & E. Smith (Eds), The Psychology of Human Thought. New York: Cambridge University Press, pp. 337- 365.

VYGOTSKY, L. S. (1994). A Formação Social da Mente. O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores. S. Paulo: Martin Fontes Editora Ltda. (5ª ed.) (Tradução do livro: Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes).

VYGOTSKY, L. S. (1991). Aprendizagem e Desenvolvimento Intelectual na Idade Escolar. *In* Luria, Leontiev, Vygotsky et al., Psicologia e Pedagogia I. Bases Psicológicas da Aprendizagem e do Desenvolvimento. Lisboa: Editorial Estampa, pp. 31-50.

VON NEUMANN (1996). L'Ordinateur et le Cerveau. Paris: Flammarion, p. 128. (tradução do americano de Pascal Engel, prefácio de Klara Von Neumann e posfácio de Dominique Pignon).

WATSON, J. B. (1994). Psychology as the Behaviorist Views It. Psychological Review, Vol. 101, nº. 2, pp. 248-253. (Reprinted of the original work published in 1913 in the Psychological Review, 20, 158-177).

WEGNER, D. (1995). A Computer Network Model of Human Transactive Memory. Social Cognition, Vol. 13, Nº. 3, pp. 319-339.

WEIZENBAUM, J. (1995). The Myth of the Last Metaphor. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp.249-264.

WEIZENBAUM, J. (1984). Computer Power and Human Reason. From Judgment to Calculation. U.K.: Penguin Books (2 nd ed.)

WILENSKY, U. (1991). Abstract Meditations on the Concrete and Concrete Implications for Mathematics Education. E&L Memo Nº. 12. MIT Media Lab.: Epistemology and Learning Group.

WINOGARD, T. (1995). Computers and Social Values. *In* P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 283-300.

WITTROCK, M. (1986). Students' Thought Processes. In M. Wittrock, Handbook of Research on Teaching. New York: Macmillan Publishing Company (3th ed.), pp. 297-314.

WOOD, D. & O'MALLEY (1996). Collaborative Learning Between Peers: na Overview. Educational Psychology in Practice, Vol. 11, nº. 4, pp. 4-40.

YELLAND, N. (1992). Introducing Young Children to LOGO. The Computing Teacher, December/January, pp. 12-14.

YUSUF, M. (1995). The Effects of LOGO-Based Instruction. Journal of Educational Computing Research, Vol. 12, nº 4, pp. 335-362.

ZADEH, L. (1995). The Albatross of Classical Logic. In P. Baumgartner & S. Payr (Eds.), Speaking Minds. Interviews with Twenty Eminent Cognitive Scientists. New Jersey: Princeton University Press, pp. 301-312.

